

**uji potensi minyak biji nyamplung (*calophyllum
inophyllum*) sebagai bahan dasar antifoam dengan proses
transesterifikasi**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana**



Oleh:

Zulfikar Saifullah Al Athari

1908036037

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG

2024

**UJI POTENSI MINYAK BIJI NYAMPLUNG (*Calophyllum
inophyllum*) SEBAGAI BAHAN DASAR ANTIFOAM DENGAN
PROSES TRANSESTERIFIKASI**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si) dalam Ilmu Kimia**

Zulfikar Saifullah Al Athari

NIM 1908036037

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:
Nama : Zulikar Saifullah Al Athari
NIM : 1908036037
Jurusan: Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

Uji Potensi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) sebagai Bahan Dasar Pembuatan Antifoam dengan Proses Transesterifikasi

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya saya sendiri, kecuali bagian lain yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 11 Desember 2023

Pembuat pernyataan



Zulikar Saifullah Al Athari

NIM 1908036037

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : Uji Potensi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) sebagai Bahan Dasar Pembuatan Antifoam dengan Proses Transesterifikasi

Nama : Zulikar Saifullah Al Athari

NIM : 1908036037

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang munaqosah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains dalam bidang ilmu kimia

Semarang, 11 Desember 2023

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang,



Zidni Azizati, M.Sc

NIP. 199011172018012001

Sekretaris Sidang,



Kholidah, M.Sc

NIP.19850811201903208

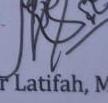
Penguji I



Mutista Hafshah, M.Si

NIP.199401022019032019

Penguji II



Rais Nur Latifah, M.Si

NIP.199203042019032019

Pembimbing



Dyan Hastari, M.Si

NIP 198501022019032017



NOTA DINAS

Semarang, 11 Desember 2023

Yth. Ketua Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Uji Potensi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) sebagai Bahan Dasar Pembuatan Antifoam dengan Proses Transesterifikasi

Nama : Zulfikar Saifullah Al Athari

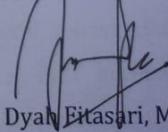
NIM : 1908036037

Jurusan: Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam Sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dosen Pembimbing



Dyah Eitasari, M.Si

NIP 198501022019032017

ABSTRAK

Minyak dari biji nyamplung dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan *antifoam*. *Antifoam agent* berupa metil ester didapatkan melalui reaksi transesterifikasi dari minyak biji nyamplung, yakni dengan mereaksikan minyak biji nyamplung dengan metanol sebagai pelarut dan NaOH sebagai katalis. Metil ester minyak biji nyamplung dengan rasio minyak dan metanol sebesar 1:12 memiliki *yield* terbanyak yakni 98,95%. Analisis GC-MS menunjukkan metil ester berupa metil linoleat, metil oleat, metil palmitat, dan metil stearat yang berfungsi sebagai *antifoam agent*. Metil ester minyak biji nyamplung dan *antifoam foamaster* memiliki dosis optimum yang sama yakni 15 tetes dengan persentase penurunan busa sebesar 100%. Kecepatan penurunan busa *antifoam* minyak biji nyamplung 1:12 yakni sebesar 0,068 cm/s pada dosis 25 tetes, lebih lambat dari kecepatan penurunan busa *antifoam foamaster* yakni sebesar 0,134 cm/s pada dosis 25 tetes.

Kata Kunci : Biji Nyamplung, *Antifoam*, Transesterifikasi

TRANSLITERASI ARAB - LATIN

A. Konsonan

ا	A	ط	t}
ب	B	ظ	z}
ت	T	ع	'
ث	s\	غ	g
ج	J	ف	f
ح	h}	ق	q
خ	Kh	ك	K
د	D	ل	l
ذ	z\	م	M
ر	R	ن	N
ز	Z	و	W
س	S	هـ	h
ش	Sy	ء	'
ص	s}	ي	Y
ض	d}		

B. Vokal

َ	a
ِ	i
ُ	u

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillahirabbil'alamini, puji syukur selalu terpanjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat serta kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa kita haturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, yang ditunggu syafaatnya di yaumul akhir. Skripsi dengan judul “Pembuatan *Antifoam Agent* Dari Biji Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Dengan Proses Transesterifikasi” ini disusun guna memenuhi tugas akhir untuk mendapatkan gelar sarjana sains dalam ilmu kimia Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang.

Selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis menyadari begitu banyak bantuan dari berbagai pihak yang sudah meluangkan waktunya, mendidik dan membimbing, memberikan motivasi dan mendoakan yang terbaik kepada penulis. Kesempatan ini, penulis menyampaikan penghargaan dan rasa terimakasih sebesar besarnya kepada:

1. Bapak Dr. H. Musahadi, M.Ag, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang
2. Ibu Mulyatun M.Si selaku ketua Program Studi Kimia UIN Walisongo Semarang
3. Ibu Dyah Fitasari, M.Si, selaku pembimbing yang telah sabar dan meluangkan banyak waktu untuk melakukan bimbingan, petunjuk, dorongan, serta motivasi bagi penulis dari awal hingga skripsi ini dapat terselesaikan
4. Bapak Kustomo, M.Sc, selaku wali dosen yang sudah mendampingi dari awal masuk kuliah hingga selesai
5. Bapak dan Ibu Dosen program Studi Kimia UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis, semoga ilmu yang diberikan dapat bermanfaat, berkah, dan menjadi ladang pahala. *Aamiin*
6. Ibu tercinta Almaziyyah dan bapak Tommy Aribuwono yang memberikan cinta dan kasih sayang, semangat, dukungan, doa yang tak pernah putus, dan memberikan dukungan berupa materi agar skripsi dapat terselesaikan dengan penuh tanggung jawab
7. Keluarga besar tercinta yang selalu mendukung dan mendoakan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan

8. Ika dan Abdur sebagai teman yang selalu mendukung, membantu penulis dalam proses penyelesaian skripsi, kebersamaan dalam suka duka selama kuliah di UIN Walisongo Semarang dan semoga pertemanan akan terus berlanjut
9. Teman-teman seperjuangan Kimia Murni Angkatan 2019 yang telah memberikan warna baru semasa duduk dibangku perkuliahan, dan kebersamaan yang sangat indah untuk dikenang di masa tua
10. Teman-teman seperjuangan selama penelitian di laboratorium kimia dan mikrobiologi yang sudah saling tolong menolong dalam proses penelitian
11. Aldean Tegar dan Ade Setiawan selaku *streamer* tanah air yang menemani saya untuk mengerjakan skripsi

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda atas segala bantuan dan dukungan kepada penulis. Penulis menyadari jika penulisan skripsi ini masih banyak kelemahan serta kekurangan. Maka dari itu dengan segala kerendahan hati sangat mengharapkan kritik, saran dan masukan agar skripsi dapat tersusun lebih baik.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
NOTA DINAS.....	v
ABSTRAK	vi
TRANSLITERASI	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian	7
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Dasar Teori.....	8
B. Kajian pustaka.....	39
C. Hipotesis	42

BAB III	44
METODE PENELITIAN	44
A. Waktu Pelaksanaan.....	44
B. Alat dan Bahan.....	44
C. Cara kerja	45
BAB IV	52
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
A. Preparasi Sampel	52
B. Ekstraksi Biji Nyamplung.....	53
C. Uji FFA (<i>Free Fatty Acid</i>).....	56
D. Transesterifikasi	59
E. Analisis GC-MS Metil Ester Nyamplung.....	61
F. Pengujian Metil Ester Nyamplung.....	65
G. Perbandingan <i>Antifoam</i> Nyamplung dengan <i>Antifoam</i> " <i>Foammaster</i> "	68
BAB V	72
KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
A. Kesimpulan	72
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Buah Nyamplung.....	9
Gambar 2. 2 Reaksi Esterifikasi.....	16
Gambar 2. 3 Reaksi Transesterifikasi	19
Gambar 2. 4 Mekanisme <i>Bridging-Dewetting</i>	29
Gambar 2. 5 Mekanisme <i>Bridging-Stretching</i>	30
Gambar 2. 6 Kromatogram Minyak Biji Nyamplung.	38
Gambar 4. 1 Biji Nyamplung Kering.....	52
Gambar 4. 2 Biji Nyamplung Halus	53
Gambar 4. 3 Ekstraksi Soxhlet Biji Nyamplung	54
Gambar 4. 4 Hasil Ekstraksi Biji Nyamplung.....	55
Gambar 4. 5 Minyak Biji Nyamplung	56
Gambar 4. 6 Perubahan Warna pada Proses Titrasi	58
Gambar 4. 7 Reaksi Transesterifikasi	59
Gambar 4. 8 Pemisahan Metil Ester (atas) dan Gliserol (bawah)	60
Gambar 4. 9 GC-MS Metil Ester Nyamplung 1:1.....	62
Gambar 4. 10 GC-MS Metil Ester Nyamplung 1:6.....	63
Gambar 4. 11 GC-MS Metil Ester Nyamplung 1:12.....	64
Gambar 4. 12 Grafik Penambahan Dosis Metil Ester Terhadap Persen Penurunan.	67
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Penurunan Busa Antara	69
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Kecepatan Penurunan	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Asam Lemak Minyak Nyamplung	12
Tabel 2. 2 MSDS <i>Halt Antifoam Agent</i>	27
Tabel 2. 3 Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Nyamplung.	38
Tabel 3. 1 Perbandingan Minyak dan Metanol untuk Proses Transesterifikasi	47
Tabel 4. 1 Data Pengamatan Uji FFA.....	58
Tabel 4. 2 Hasil Reaksi Transesterifikasi.....	61
Tabel 4. 3 Kandungan <i>FAME</i> Metil Ester Biji Nyamplung.....	64
Tabel 4. 4 Yield Metil Ester Biji Nyamplung	65
Tabel 4. 5 Persen Penurunan Busa Metil Ester Nyamplung	66
Tabel 4. 6 Kecepatan Penurunan Busa	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Preparasi Sampel	105
Lampiran 2 Ekstraksi	105
Lampiran 3 Transesterifikasi	107
Lampiran 4 Pengujian Antifoam.....	109
Lampiran 5 Perhitungan.....	110
Lampiran 6 Daftar Riwayat Hidup	125

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Badan Pusat Statistik Jawa Tengah melaporkan peningkatan yang signifikan pada sektor industri selama periode 2016 – 2019 dan mencapai puncaknya pada tahun 2019 dengan pertumbuhan sebesar 5,18% (BPS Jawa Tengah, 2020). Salah satu industri yang turut menyumbang pada pertumbuhan tersebut adalah industri yang melibatkan penggunaan busa, suatu material yang sering muncul pada proses-proses yang melibatkan fase cair. Busa selalu hadir pada proses industri mulai dari obat-obatan, pembuatan bir, pembuatan cat, pengolahan air limbah, industri minyak dan gas, pengolahan makanan, industri tekstil, dan pembuatan kertas (Deotale, Dutta, dan Moses, 2023).

Busa membutuhkan surfaktan (*surface active agent*) agar bisa terbentuk, aerasi (kontak air dengan udara) juga diperlukan untuk pembentukan busa (Hill dan Eastoe, 2017). Busa pada fasa cair merupakan campuran koloid yang terjadi karena kontak antara udara dan air sehingga menyebabkan udara terperangkap dalam air karena pengaruh surfaktan (Karkashev, 2012). Stabilitas busa berpengaruh besar terhadap seberapa lama busa dapat bertahan. Kestabilan busa dibagi menjadi dua, busa yang mudah terurai (*unstable foam*)

dan busa yang sulit terurai (*stable foam*). Busa yang sulit terurai menjadi masalah karena dapat mengganggu proses pembuatan barang atau merusak produk akhir dalam suatu industri (Hill dan Eastoe, 2017). Pembentukan busa yang sulit terurai dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, kontaminasi produk, rusaknya produk akibat pembusaan yang berlebihan, dan kerugian saat proses produksi. Busa berlebih dapat membatasi keluaran produk dalam suatu proses dan dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan seperti pompa, filter, dan katup (Hill dan Eastoe, 2017).

Busa yang berlebih pada proses industri makanan dan minuman dapat memicu terjadinya *carry over*. *Carry over* adalah kondisi dimana busa yang terbentuk pada proses produksi ikut terbawa ke produk akhir atau fase selanjutnya. *Carry over* berpotensi mencemari produk, sehingga dapat mengurangi standar kualitas yang mengakibatkan penolakan produk oleh konsumen atau bahkan masalah kesehatan jika produk tersebut digunakan dalam bidang farmasi atau makanan. *Carry over* juga dapat memicu pertumbuhan bakteri dan pengapungan kotoran dalam tangki penyimpanan, hal ini dapat mengurangi kebersihan produk dan meningkatkan resiko kontaminasi mikroorganisme yang dapat membahayakan kesehatan manusia atau mengurangi umur simpan produk (Deotale, Dutta, dan Moses, 2023).

Busa berlebihan juga dapat mengganggu proses pengolahan limbah karena menyumbat pipa saluran, filter, dan komponen lainnya sehingga mengganggu aliran limbah serta menurunkan efisiensi proses pengolahan limbah. Busa yang terbentuk dalam tangki atau saluran pengolahan limbah dapat menyebabkan perubahan kepadatan dan tekanan di dalam sistem, hal ini dapat mengakibatkan distribusi limbah yang tidak merata, menurunkan efisiensi pengolahan, dan memperburuk kinerja peralatan (Deotale, Dutta, dan Moses, 2023). Busa juga berefek pada industri farmasi karena dapat membawa bahan kontaminan sehingga produk menjadi tidak aman bagi pasien. Busa dapat menyebabkan perubahan dalam tekstur, konsistensi, atau pH produk yang mengurangi konsistensi produk (Deotale, Dutta, dan Moses, 2023).

Beberapa permasalahan mengenai busa dapat diatasi dengan zat penghancur busa yakni *antifoam*. *Antifoam* bekerja dengan cara menstabilkan tegangan permukaan sehingga mengurangi busa yang terbentuk (Karkashev, 2012). *Antifoam* berbahan dasar silikon dan *mineral oil* merupakan antifoam yang paling umum namun antifoam dengan bahan tersebut dapat mengontaminasi produk dan mencemari lingkungan (Handayani, 2010). Berdasarkan penjelasan tersebut, dibutuhkan solusi untuk antifoam yang lebih ramah

lingkungan dan relatif aman jika digunakan oleh produk konsumtif.

Antifoam berbahan dasar minyak nabati dapat menjadi solusi. Minyak nabati dapat digunakan sebagai *antifoam* karena mengandung asam lemak yang dapat diubah menjadi metil ester (Ifejika, Joel, dan Aimikhe, 2020). Metil ester merupakan salah satu *antifoam agent* (Rizka, Fujita, dan Hambali, 2020). Metil ester membutuhkan dua tahap reaksi yakni esterifikasi asam dahulu kemudian dilanjutkan transesterifikasi basa, esterifikasi asam berfungsi untuk mengurangi nilai FFA (*Free Fatty Acid*) dari minyak yang tidak disuling menggunakan katalis asam, transesterifikasi basa berfungsi untuk menghilangkan ketidakmurnian pada esterifikasi asam (Prafulla, 2012).

Esterifikasi adalah reaksi yang melibatkan minyak nabati maupun hewani dan alkohol dengan bantuan katalis asam yang menghasilkan ester dan air. Transesterifikasi adalah reaksi yang melibatkan trigliserida yang ada dalam minyak hewani maupun nabati dan alkohol rantai pendek dengan bantuan katalis basa untuk menghasilkan produk berupa ester dan gliserol (Prafulla, 2012).

Berbagai teknik dan prosedur telah diterapkan dalam pembuatan metil ester dari minyak nabati. Febryantara *et al* (2018) melakukan penelitian terhadap *antifoam* berbahan

dasar minyak kelapa sawit pada medium busa SDS (*sodium dodecyl sulfate*) dan medium busa NF24, hasil uji kinerja penurunan busa menunjukkan bahwa konsentrasi terbaik untuk penambahan *antifoam* minyak kelapa sawit untuk media busa SDS yakni sebesar 2% sedangkan untuk media busa NF24 yakni sebesar 1,5%.

Fauzia dan Nofa (2017) melakukan penelitian terhadap *antifoam* berbahan dasar minyak biji jarak pada medium busa air nira tebu, dosis optimum *antifoam* minyak biji jarak adalah 70 ppm dengan persen penurunan busa sebesar 100% dan waktu penurunan busa sebesar 40 detik.

Lestari dan Priyanto (2018) melakukan penelitian terhadap *antifoam* berbahan dasar minyak biji bintoro pada medium limbah pabrik gula, dosis optimum *antifoam* minyak biji bintoro adalah 55 ppm dengan penurunan busa sebesar 96,49% dan kecepatan penurunan busa sebesar 0,38 cm/s.

Salah satu minyak nabati yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar *antifoam* adalah minyak biji nyamplung. Biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) merupakan bahan dasar metil ester yang berasal dari sumber terbarukan dengan kandungan minyak sekitar 60-70% (Isa, 2015). Minyak biji nyamplung memiliki kandungan asam lemak tidak jenuh sebanyak 68,49% dan asam lemak jenuh sebanyak 31,51% (Muderawan dan Daiwataningsih, 2016). Biji nyamplung tidak

berkompetisi dengan kebutuhan pangan dan tanaman ini mudah dibudidayakan (Susila, 2018).

Penelitian terhadap minyak bintoro dan minyak jarak sebagai bahan dasar antifoam sudah pernah diteliti, penelitian ini akan difokuskan untuk melihat potensi dari minyak biji nyamplung sebagai bahan dasar pembuatan *antifoam*. Penelitian ini dilakukan dengan membuat metil ester dari minyak biji nyamplung melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi, rasio minyak dan metanol divariasikan untuk melihat pengaruhnya terhadap *yield* metil ester. Efek penambahan *antifoam* biji nyamplung terhadap busa di uji dengan parameter persen penurunan busa dan kecepatan penurunan busa. Penelitian ini juga membandingkan antara *antifoam* biji nyamplung dan *antifoam* “foammaster” dalam hal persen penurunan busa dan kecepatan penurunan busa.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kandungan dari metil ester minyak biji nyamplung hasil transesterifikasi?
2. Bagaimana pengaruh rasio perbandingan antara minyak dan metanol sebesar 1:1, 1:6, dan 1:12 terhadap *yield* metil ester yang dihasilkan?
3. Bagaimanakah perbandingan persen penurunan busa dan kecepatan penurunan busa metil ester nyamplung terhadap *antifoam* “foammaster”?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kandungan dari metil ester minyak nyamplung hasil transesterifikasi.
2. Untuk mengetahui pengaruh rasio perbandingan antara minyak dan metanol sebesar 1:1, 1:6, dan 1:12 terhadap *yield* metil ester yang dihasilkan.
3. Untuk membandingkan persen penurunan busa dan kecepatan penurunan busa metil ester nyamplung terhadap *antifoam* "*foammaster*".

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi penggunaan minyak biji nyamplung sebagai bahan dasar dari *antifoam*. Penggunaan biji nyamplung sebagai bahan dasar pembuatan *antifoam* diharapkan dapat meningkatkan nilai guna dan nilai jual dari biji nyamplung yang banyak tersebar di Indonesia serta kurang dilirik potensinya sebagai bahan dasar *antifoam*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Dasar Teori

1. Tanaman nyamplung

Tanaman nyamplung dengan nama latin (*Calophyllum inophyllum L.*) merupakan tanaman yang memiliki penyebaran hampir merata di seluruh dunia mulai dari Asia, Amerika Selatan, Hindia Barat, Kepulauan Pasifik, Afrika, dan Madagaskar (Susila, 2018).

Menurut Susila (2018) berikut ini adalah klasifikasi tanaman nyamplung:

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : L Malpighiales

Family : Clusiaceae (Guttiferae)

Genus : Calophyllum

Spesies : Calophyllum inophyllum L.

Bagian luar dari batang pohon ini berwarna kelabu dengan sedikit putih dan pada bagian dalam batang pohon ini berwarna merah muda, tetapi warna pada batang pohonnya bervariasi tiap spesiesnya. Daun tanaman ini umumnya berukuran 3 - 5 inci dengan bentuk bulat memanjang, berujung tumpul,

pangkal berbentuk bulat, tepi rata dengan daun, bentuk tulang daun menyirip dan warna hijau yang mengkilap. Tanaman nyamplung memiliki karakteristik buah yang banyak, berwarna agak kekuningan dan memiliki tempurung. Produktivitas tanaman ini cukup tinggi yaitu sebesar 10 ton per hektar (Susila, 2018).



Gambar 2. 1 Buah Nyamplung (Susila, 2018)

Nyamplung adalah salah satu dari banyak tanaman yang hampir seluruh bagian tanamannya dapat dimanfaatkan. Buah dari nyamplung dapat digunakan sebagai obat dan juga penghasil minyak dengan rendemen yang cukup tinggi yaitu sekitar 74%, dan penggunaan buah nyamplung tidak berkompetisi dengan kebutuhan pangan. Beberapa keunggulan buah nyamplung sebagai bahan baku metil ester, antara lain ; tanaman nyamplung tersebar luas di seluruh penjuru indonesia; produktivitas buah sepanjang tahun;

tanaman mudah dibudidayakan dan cocok dengan iklim kering (Susila, 2018).

Tanaman nyamplung tersebar di berbagai wilayah di Indonesia, seperti Sumatera Selatan, Riau, Jambi, Sumatera Barat, Lampung, Jawa, Sulawesi, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Maluku, Nusa Tenggara Timur, dan Papua. Di Jawa, luas lahan tanaman nyamplung mencapai 165,7 hektar, dengan potensi produksi buah sekitar 791,5 ton per tahun. Nyamplung merupakan tanaman yang multifungsi dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Penggunaan metil ester dari tanaman nyamplung dapat membantu mengurangi pembabatan pohon hutan untuk kayu bakar. Tanaman ini juga memiliki produktivitas biji yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman lain, seperti jarak pagar (5 ton/ha) dan sawit (6 ton/ha) dengan mencapai 20 ton/ha (Susila, 2018).

Biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) merupakan bahan dasar biodiesel yang berasal dari sumber energi terbarukan dengan kandungan minyak sekitar 60 - 70%. Limbah dari proses pengolahan, seperti tempurung dan ampas biji nyamplung, dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat arang aktif (Isa, 2015). Produktivitas biji nyamplung sangat

tinggi bervariasi antara 40 - 150 kg/pohon/tahun atau sekitar 20 ton/ha/th dan lebih tinggi dibandingkan jenis tanaman lain seperti Jarak pagar (5 ton/ha/tahun) dan sawit (6 ton/ha/tahun). Nyamplung selain menghasilkan BBN juga berpotensi menghasilkan produk lain seperti briket arang, asap cair untuk pengawet kayu, bungkil untuk pakan ternak, resin/getah untuk obat-obatan, pewarna tekstil, dan sabun (Leksono, 2014).

Minyak biji nyamplung merupakan minyak kental, berwarna coklat kehijauan, beraroma menyengat seperti karamel dan beracun. Minyak biji nyamplung dihasilkan dari buah yang telah matang dan mempunyai fungsi penyembuhan signifikan khususnya untuk jaringan terbakar. Minyak biji nyamplung mempunyai kandungan asam lemak tidak jenuh yang cukup tinggi seperti asam oleat serta komponen-komponen tak tersabunkan diantaranya alkohol lemak, sterol, *xanton*, turunan koumarin, kalofilat, isokalofilat, isoptalat, kapeliat, asam pseudobrasilat dan penyusun triterpenoat sebanyak 0,5 - 2% yang dapat dimanfaatkan sebagai obat (Leksono, 2014). Komposisi asam lemak minyak nyamplung ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Komposisi Asam Lemak Minyak Nyamplung (Susila, 2018)

No.	Jenis Asam Lemak	Kadar(%)
1	Asam Lemak Jenuh	28,33
	-Asam Palmiat (C16:0)	15,97
	-Asam Stearat (C18:0)	12,36
2.	Asam Lemak Tidak Jenuh	67,72
	-Asam Oleat (C18:1)	42,67
	-Asam Linoleat (C18:2)	23,66
	-Asam Linoleat (C18:3)	1,39

Tabel 2.1 menunjukkan bahwa sebagian besar komposisi minyak nyamplung didominasi oleh asam lemak tak jenuh, mencapai kadar hingga 67,72%. Minyak ini mengandung berbagai jenis asam lemak, termasuk asam palmitoleat (C16:1), oleat (C18:1), linoleat (C18:2), dan linoleat (C18:3). Asam lemak dalam minyak nyamplung dapat direaksikan menjadi metil ester, yang merupakan bahan dasar dalam pembuatan antifoam.

Kandungan asam lemak dapat mempengaruhi kemampuan minyak tersebut sebagai bahan pembuatan antifoam (Febryantara *et al*, 2018). Asam lemak yang berperan sebagai penembus busa adalah asam lemak yang berubah menjadi metil ester (Feridansyah *et al*, 2019).

Asam lemak dalam minyak nabati biasanya bersifat hidrofobik atau tidak larut dalam air. Sifat ini penting karena antifoam bekerja dengan membentuk lapisan tipis di permukaan cairan, sehingga menghambat pembentukan dan stabilisasi busa. Asam lemak jenuh cenderung lebih tahan terhadap perubahan kimia dibandingkan dengan asam lemak tak jenuh. Ini karena ikatan rangkap dalam asam lemak tak jenuh rentan terhadap reaksi oksidasi yang dapat menghasilkan perubahan kimia dalam strukturnya. Asam lemak yang lebih tahan terhadap perubahan kimia dapat menjaga kinerja antifoam dalam berbagai kondisi seperti rentang suhu yang luas, pH yang bervariasi, dan kehadiran bahan kimia campuran antifoam (Ifejika, Joel, dan Aimikhe, 2022). Asam lemak jenuh seperti asam stearat dan asam palmitat memiliki kemampuan penetrasi yang baik sehingga membantu minyak nabati menembus ke dalam struktur busa dan merusaknya (Ifejika, Joel, dan Aimikhe, 2022).

2. Ekstraksi Minyak

Ekstraksi adalah suatu proses di mana bahan dipisahkan dari campurannya dengan memanfaatkan pelarut yang tepat. Penentuan metode ekstraksi

bergantung pada karakteristik bahan dan senyawa yang hendak diisolasi (Mukhriani, 2014). Salah satu metode ekstraksi adalah ekstraksi soxhlet, metode ini dilakukan dengan cara membungkus sampel yang telah dikeringkan dan dihaluskan ke dalam kertas saring yang kemudian ditempatkan dalam selongsong. Sampel akan diekstrak dengan menggunakan pelarut yang ditempatkan di dalam labu alas bulat, pelarut yang dipanaskan akan menguap dan mengenai sampel, agar uap kembali menjadi cairan maka ditempatkan kondensor untuk mendinginkan uap tersebut. Pelarut yang digunakan untuk mengekstrak minyak biji nyamplung adalah n-heksana karena memiliki kepolaran yang sama dengan minyak biji nyamplung(Mukhriani, 2014).

Kelebihan dari ekstraksi soxhlet adalah prosesnya yang kontinyu sehingga tidak perlu terus menerus menambahkan pelarut. sampel diekstraksi oleh uap hasil kondensasi pelarut sehingga proses membutuhkan pelarut dan waktu yang sedikit. Kekurangan dari proses ini adalah jika sampel merupakan senyawa aktif yang sensitif terhadap suhu (termolabil) maka sampel dapat terdegradasi (Mukhriani, 2014).

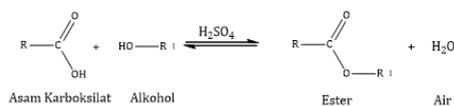
3. Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi yang melibatkan trigliserida yang ada dalam minyak hewani maupun nabati dan alkohol rantai pendek untuk menghasilkan produk berupa metil ester asam lemak (*Fatty acids Methyl Ester / FAME*) dan gliserol (gliserin). Proses terbentuknya *FAME* membutuhkan dua tahap reaksi yakni esterifikasi asam dahulu kemudian dilanjutkan transesterifikasi basa, esterifikasi asam berfungsi untuk mengurangi nilai FFA dari minyak yang tidak disuling menggunakan katalis asam, transesterifikasi basa berfungsi untuk menghilangkan ketidakmurnian pada esterifikasi asam (Prafulla, 2012).

Reaksi esterifikasi diperlukan untuk menurunkan nilai *free fatty acid* (FFA), jika kadar FFA dalam minyak tinggi (>3%) maka tidak bisa langsung direaksikan dengan katalis basa, jika langsung direaksikan dengan katalis basa (reaksi transesterifikasi) maka tidak akan menghasilkan *FAME* tetapi menghasilkan sabun. Pembentukan sabun dalam jumlah yang signifikan dapat menyulitkan pemisahan gliserol dari metil ester sehingga dapat menghasilkan pembentukan emulsi selama tahap

pencucian. Esterifikasi digunakan sebagai langkah awal untuk mengubah FFA menjadi metil ester, sehingga mengurangi kandungan FFA dalam minyak nabati. Langkah selanjutnya adalah transesterifikasi dengan katalis basa untuk mengubah trigliserida menjadi metil ester (Prafulla, 2012).

Minyak nabati dengan kadar asam lemak bebas yang rendah dapat langsung dikonversi menjadi metil ester melalui proses transesterifikasi. Sebaliknya, minyak dengan kadar asam lemak bebas yang tinggi dapat mengurangi hasil transesterifikasi minyak. Minyak dengan kadar asam lemak bebas yang tinggi memerlukan dua tahap reaksi, yaitu reaksi esterifikasi terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan reaksi transesterifikasi.



Gambar 2. 2 Reaksi Esterifikasi (Lestari dan Priyanto, 2018)

Esterifikasi merupakan langkah persiapan sebelum proses transesterifikasi, terutama ketika menggunakan minyak atau lemak berkualitas rendah sebagai bahan baku. Proses ini melibatkan reaksi

perlahan menggunakan katalis asam homogen seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam *fluoric* (HF), asam klorida (HCl), asam para toluena sulfonat, dan asam sulfonat organik (Tshizanga, 2015).

Proses esterifikasi adalah interaksi antara asam karboksilat dan alkohol untuk membentuk ester. Dalam konteks konversi trigliserida, reaksi ini mengubah asam lemak bebas menjadi metil ester, dengan air terbentuk sebagai produk samping. Untuk mengatasi dampak air tersebut, dapat digunakan metanol dalam jumlah berlebihan, sehingga air yang dihasilkan dapat larut dalam metanol dan tidak menghambat kelancaran proses reaksi (Suleman, Abas, dan Paputungan, 2019).

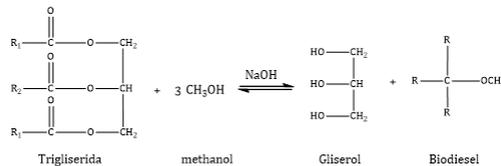
Menurut Armalita (2015) proses transesterifikasi dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang tergantung pada kondisi reaksi. Beberapa faktor yang memainkan peran dalam pengaruhnya meliputi kandungan air dan asam lemak bebas dalam minyak, jenis katalis dan alkohol yang digunakan, serta suhu dan durasi reaksi.

Proses transesterifikasi yang melibatkan penggunaan alkohol rantai pendek akan menghasilkan metil ester dan gliserol, sebagaimana dijelaskan dalam

gambar 2.3. Dalam proses transesterifikasi, diperlukan katalis untuk mempercepat pembentukan ester. Katalis yang umumnya digunakan dalam transesterifikasi adalah asam, seperti HCl dan H_2SO_4 , atau katalis basa seperti $NaOCH_3$, KOH, dan NaOH. Transesterifikasi dengan katalis asam biasanya dilakukan tanpa penambahan air untuk mencegah penurunan hasil (*yield*). Alasan di balik penghindaran penggunaan air adalah agar rendemen yang diperoleh tetap optimal. Keberadaan air dalam campuran reaksi dapat menyebabkan pembentukan asam karboksilat dalam tahap kedua reaksi karboksil. Transesterifikasi dengan katalis basa dilakukan tanpa penambahan air (Ataya, Dube, dan Ternan, 2007)

Minyak dan lemak terdiri dari trigliserida, yaitu urutan tiga kelompok asam lemak yang terikat pada gliserol. Alamiannya, ester akan secara alami terpisah dari gliserol karena gliserol memiliki massa jenis lebih tinggi daripada ester. Dalam proses transesterifikasi, reaksi optimal dicapai ketika gliserin atau ester yang terbentuk. Proses terbentuknya ester dan gliserol dari reaksi trigliserida dengan alkohol berlangsung secara bertahap, dimulai dari transformasi trigliserida menjadi digliserida,

selanjutnya digliserida menjadi monogliserida, dan akhirnya monogliserida berubah menjadi alkil ester (Susilo, Damayanti, dan Izza, 2017).



Gambar 2. 3 Reaksi Transesterifikasi (Lestari dan Priyanto, 2018)

Proses transesterifikasi dengan katalis basa cenderung lebih cepat dibandingkan dengan penggunaan katalis asam tetapi memerlukan waktu lebih lama karena reaksi berlangsung secara searah. Meskipun tidak semua kasus penggunaan katalis basa berjalan sempurna, kondisi optimalnya adalah minyak yang berada dalam keadaan netral. umumnya katalis seperti NaOH dan KOH sering digunakan karena mampu menghasilkan konversi tinggi dengan konsentrasi yang lebih besar. Perlu dicatat bahwa reaksi hidroksida dengan alkohol dapat menghasilkan air yang dapat meningkatkan hidrolisis ester (Prafulla, 2012).

4. Metil ester

Metil ester dapat diproduksi melalui trigliserida yang terdapat dalam minyak nabati seperti minyak kelapa, minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, minyak kedelai, dan sebagainya dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi. Fungsi utama dari transesterifikasi adalah menggantikan gugus alkohol gliserol dengan alkohol sederhana, seperti metanol atau etanol. Katalis yang digunakan dalam proses ini adalah sodium metilat, NaOH, atau KOH. Molekul trigliserida pada dasarnya merupakan triester yang terdiri dari gliserol dan tiga asam lemak. Transformasi dari lemak menjadi metil ester melibatkan transesterifikasi gliserida dengan alkohol, membentuk alkil ester. Metanol lebih sering dipilih karena harganya yang lebih terjangkau (Prafulla, 2012).

Definisi metil ester menurut SNI 7182:2015 adalah ester lemak yang dibuat melalui proses esterifikasi asam lemak dengan metil alkohol dan berbentuk cairan. Metil ester memiliki sifat tidak korosif (seperti halnya asam lemak nabati), lebih tahan terhadap oksidasi, dan tidak mudah berubah warna (Tin, 2011)

Metil ester, atau ester metil, sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan antifoam karena memiliki sifat yang membuatnya efektif dalam mengendalikan pembentukan busa. Metil ester bersifat hidrofobik atau tidak larut dalam air. Sifat ini memungkinkannya membentuk lapisan tipis di permukaan cairan, menghambat pembentukan dan stabilisasi busa (Rizka, Fujita, dan Hambali, 2020).

Metil ester dapat meresap ke dalam struktur busa untuk membantu merusak dan mengurangi kestabilan busa yang telah terbentuk. Metil ester cenderung menguap dengan cepat, yang dapat membantu mengurangi keberlanjutan busa dan memungkinkan efisiensi dalam penggunaan antifoam (Ifejika, Joel, Aimihke, 2022)

Metil ester mampu mengalami pencampuran dengan berbagai bahan kimia dan formulasi antifoam lainnya, memberikan fleksibilitas dalam pengembangan produk antifoam yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa metil ester tidak hanya dapat digunakan sebagai bahan antifoam tunggal, tetapi juga dapat diintegrasikan ke dalam formulasi yang lebih kompleks serta meningkatkan adaptabilitasnya

terhadap kondisi dan persyaratan spesifik dalam berbagai aplikasi industri (Ifejika, Joel, dan Aimihke, 2022).

Sejumlah metil ester menunjukkan sifat mudah terurai oleh mikroorganisme alami yang menyebabkan dampak lingkungan yang lebih minimal, mendukung aspek keberlanjutan dan ramah lingkungan dari perspektif biodegradabilitas. Pemanfaatan metil ester dalam konteks lingkungan dapat dianggap sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan dengan dampak yang lebih minim terhadap ekosistem (Ifejika, Joel, dan Aimihke, 2022).

Metil ester memiliki peran signifikan dalam meningkatkan proses pembasahan dan penyerapan pada permukaan gelembung busa yang berkontribusi dalam menghancurkan struktur busa. Kemampuan metil ester untuk memfasilitasi pembasahan dan penyerapan pada permukaan gelembung busa memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi proses *antifoaming*, yang dapat berimplikasi pada pengendalian dan pengurangan busa dalam berbagai proses industri (Ifejika, Joel, dan Aimihke, 2022).

Metil ester dianggap sebagai senyawa yang aman dan tidak beracun, sebuah karakteristik yang

menjadi aspek krusial untuk aplikasi industri makanan dan minuman. Keamanan dan sifat non-toksik dari metil ester memberikan keyakinan yang lebih lanjut terhadap potensinya untuk digunakan dalam konteks di mana kebersihan dan keamanan konsumen menjadi prioritas utama seperti dalam produksi dan pemrosesan produk makanan dan minuman. Temuan ini memperkuat dasar untuk eksplorasi (Ifejika, Joel, dan Aimihke, 2022).

Penting untuk dicatat bahwa pemilihan bahan antifoam termasuk metil ester harus sesuai dengan karakteristik cairan dan kondisi operasional tertentu. Penggunaan metil ester dalam formulasi antifoam seringkali bergantung pada kombinasi dengan bahan lain untuk mencapai kinerja optimal dalam suatu aplikasi (Ifejika, Joel, dan Aimikhe, 2022).

5. Busa

Stabilitas busa dipengaruhi oleh tegangan permukaan yang ada pada permukaan cairan, ketika tegangan permukaannya tidak stabil maka akan menjadi celah masuknya udara ke permukaan cairan sehingga terbentuk busa (Karakashev, 2012). Busa terjadi karena adanya kontak antara udara dan air yang menyebabkan udara terperangkap di dalam air,

udara dapat terperangkap di dalam air dikarenakan pengaruh dari surfaktan. Proses ini memungkinkan terbentuknya struktur busa yang terdiri dari gelembung-gelembung kecil yang diisi dengan udara dan dikelilingi oleh lapisan tipis air (Karakashev, 2012).

Tegangan permukaan adalah kecenderungan molekul-molekul cairan untuk saling menarik satu sama lain menciptakan lapisan permukaan yang kuat. Tegangan permukaan dapat dikendalikan dengan menggunakan aditif kimia berupa *antifoam*. *Antifoam* terbukti menjadi solusi yang praktis dan ekonomis untuk menghilangkan busa (Farn, 2006).

Busa dapat menyebabkan hambatan aliran cairan dalam saluran pipa, pompa, atau peralatan lainnya. Hal ini dapat mengurangi laju aliran dan efisiensi pergerakan cairan melalui sistem. Busa dapat menjadi isolator termal yang buruk. Ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi pertukaran panas karena busa membatasi kontak langsung antara permukaan penukar panas dengan cairan. Busa yang terlalu banyak atau terlalu keras dapat merusak peralatan seperti pompa, katup, atau instrumen lainnya. Ini dapat menyebabkan kerusakan mekanis,

penurunan umur pakai peralatan, dan peningkatan biaya perawatan. Busa dapat membawa mikroorganisme atau bahan kimia yang dapat merusak kualitas sehingga menyebabkan hasil akhir profuk yang terkontaminasi (Leuner *et al.*, 2020).

Keberadaan busa yang berlebihan dapat menimbulkan kondisi kerja yang tidak aman, terutama ketika busa tersebut menghasilkan permukaan yang licin atau menghambat pengamatan serta pengawasan di sekitar area kerja. Hal ini dapat memberikan dampak negatif terhadap keamanan dan keselamatan di tempat kerja, yang menjadi kritikal dalam memastikan lingkungan kerja yang optimal. Busa yang berlebihan dapat menciptakan risiko tergelincir dan jatuh, meningkatkan kemungkinan kecelakaan dan cedera (Leuner *et al.*, 2020).

6. *Antifoam*

Antifoam atau inhibitor busa sering dimasukkan ke dalam larutan pembusaan sebelum terbentuknya busa dan berfungsi untuk mencegah terbentuknya busa secara berlebihan. *Defoamers* atau agen anti-busa bertujuan utama untuk merangsang keruntuhan busa dengan cepat. *Antifoam* atau defoamer dapat terdiri dari minyak, partikel padat

hidrofobik, atau kombinasi keduanya. *Antifoam* beroperasi sebagai stabilisator tegangan permukaan cairan dengan menggeser dan mengeringkan dinding-dinding gelembung (Karakashev, 2012).

Antifoam bertindak sebagai agen penghancur busa dengan cara mengintervensi tegangan permukaan cairan. Tegangan permukaan sendiri merujuk pada kecenderungan molekul cairan untuk mengumpul di permukaan, menciptakan lapisan yang dapat mendukung pembentukan busa. Dengan merangsang pengurangan tegangan permukaan, antifoam secara efektif mengganggu struktur molekuler yang mendukung stabilitas busa. Proses ini menghasilkan penurunan kekuatan dan daya tahan busa, membuatnya lebih mudah hancur dan hilang (Karakashev, 2012).

Berdasarkan MSDS *halt anti-foaming agent antifoam* terdiri dari minyak nonpolar seperti minyak mineral atau minyak silikon, serta minyak polar seperti alkohol lemak, asam, alkil amina, alkil amida, *triethyl phosphate*, dan partikel padat yang bersifat anorganik (seperti silika, Al_2O_3 , TiO_2) atau polimer. Bahan-bahan tersebut telah berhasil digunakan seperti yang tercatat dalam tabel 2.2.

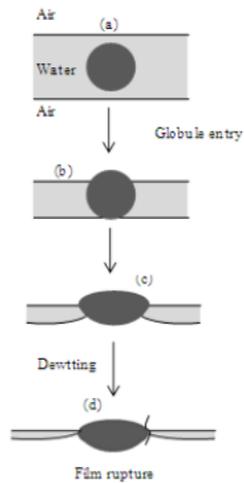
Tabel 2. 2 MSDS *Halt Antifoam Agent* (Lestari dan Priyanto, 2018)

Komponen	Jumlah (%)
<i>Polysiloxanes</i>	17,4
<i>Plant oil</i>	5
<i>Silicic acid</i>	2

Antifoam tidak hanya membatasi dirinya pada pengurangan tegangan permukaan, melainkan juga bekerja melalui mekanisme yang melibatkan perusakan struktur busa yang sudah terbentuk. Proses ini dapat melibatkan beberapa tindakan, termasuk pembobolan dinding-dinding gelembung busa yang telah terbentuk atau penghancuran kestabilan molekul dalam busa itu sendiri. Dengan bertujuan untuk merusak struktur busa, antifoam secara efektif memengaruhi integritas busa, mengakibatkan kehilangan kestabilan dan integritasnya. Dampak dari perusakan ini adalah penghancuran busa yang lebih cepat dan lebih efektif, membantu mengembalikan cairan ke keadaan bebas busa dengan lebih efisien. Dengan demikian, melalui tindakan perusakan struktur busa, antifoam memberikan kontribusi signifikan dalam pengendalian dan eliminasi busa dalam berbagai proses industri (Karakashev, 2012).

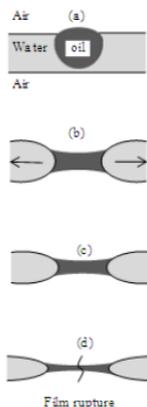
Antifoam juga dapat mendukung koalesensi dengan merangsang perubahan dalam sifat-sifat fisik dan kimia cairan sekitar. Ini mencakup pengurangan viskositas cairan, peningkatan mobilitas molekul-molekul dalam cairan, dan perubahan dalam tegangan permukaan. Semua perubahan ini dapat mempercepat proses penggabungan gelembung-gelembung, membentuk gelembung yang lebih besar, dan dengan demikian, mempercepat penghilangan busa (Demneh, Moosavian, dan Vatani, 2005).

Antifoam berbasis minyak (*oil*) memiliki beberapa mekanisme kerja, seperti *bridging-dewetting*, *spreading fluid entrainment*, dan *bridging-stretching*. Mekanisme *bridging-dewetting* dan *bridging-stretching* diketahui terjadi dan diilustrasikan dalam Gambar 2.4. *Bridging-dewetting* terjadi ketika tetesan minyak memasuki permukaan film busa dan terdeformasi menjadi bentuk lensa. Ketika film menipis, lensa memasuki permukaan sebaliknya dari film busa dan membentuk jembatan. Film tersebut menjauh (*dewetted*) dari jembatan minyak oleh gaya kapiler yang menyebabkan film itu pecah (Routledge, 2012).



Gambar 2. 4 Mekanisme *Bridging-Dewetting* (Routledge, 2012)

Mekanisme *bridging-stretching* pada antifoam berbasis minyak melibatkan pembentukan jembatan oleh partikel minyak pada permukaan film busa. Proses ini dimulai dengan partikel minyak yang membentuk suatu jembatan pada permukaan film busa yang semakin lama akan mengalami peregangan, menyebabkan pembentukan film yang tidak stabil. film yang tidak stabil ini pecah di wilayah paling tipis, mengakibatkan kehancuran seluruh struktur busa (Routledge, 2012).



Gambar 2. 5 Mekanisme *Bridging-Stretching* (Routledge, 2012)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan antifoam dalam menghilangkan busa melibatkan kombinasi sifat-sifat intrinsik antifoam dan kondisi lingkungan dalam konteks proses industri. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan meliputi:

a. Sifat Kimia Antifoam

Sifat kimia antifoam memainkan peran krusial dalam menentukan efektivitasnya dalam menangani busa. Komposisi kimia antifoam dapat dipilih dengan mempertimbangkan jenis bahan penyebab busa dan karakteristik lingkungan kimia di tempat proses industri berlangsung. Beberapa antifoam mungkin lebih efektif terhadap jenis busa tertentu atau dalam

kondisi kimia tertentu (Demneh, Moosavian, dan Vatani, 2005).

b. Konsentrasi Antifoam

Tingkat konsentrasi antifoam dalam sistem memegang peranan penting dalam mencapai efektivitas yang optimal. Konsentrasi yang tepat harus diatur agar dapat mengatasi busa tanpa mengakibatkan dampak negatif terhadap proses produksi atau produk akhir (Demneh, Moosavian, dan Vatani, 2005).

c. Sifat Fisik Cairan Pembentuk Busa

Karakteristik fisik cairan yang cenderung membentuk busa, seperti viskositas dan suhu, memiliki pengaruh langsung terhadap kinerja antifoam. Beberapa antifoam mungkin lebih efektif pada suhu atau viskositas tertentu, sehingga pemilihan antifoam perlu disesuaikan dengan sifat fisik cairan yang bersangkutan (Demneh, Moosavian, dan Vatani, 2005).

d. Kondisi Operasional

Kondisi operasional, seperti kecepatan agitasi, tekanan, dan waktu kontak antara antifoam dan busa, merupakan faktor-faktor kritis yang memengaruhi efektivitas antifoam. Pemahaman mendalam terhadap

kondisi operasional yang optimal sangat penting untuk mencapai hasil terbaik dalam mengendalikan busa (Demneh, Moosavian, dan Vatani, 2005).

7. *Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)*

GC-MS merupakan kombinasi antara dua teknik uji yang berbeda, Gas Chromatography (GC) dan Mass Spectrometry (MS) digunakan untuk menganalisis campuran organik dan biokimia yang kompleks. GC dapat memisahkan senyawa volatil dan semivolatil dengan resolusi tinggi, tetapi tidak dapat mengidentifikasinya. Sedangkan MS dapat memberikan informasi struktural terperinci pada sebagian besar senyawa sehingga mereka dapat diidentifikasi dan dikuantifikasi secara cepat, tetapi dapat dengan mudah memisahkannya (Krone, 2010).

GC-MS adalah gabungan antara kromatografi gas dan spektrometri massa. Spektrometri massa dihubungkan dengan keluaran kromatografi gas. Spektrometri massa berfungsi sebagai detektor yang menyediakan informasi tentang struktur kimia senyawa yang tidak dikenal. Ketika gas sampel memasuki spektrometri massa, molekul-molekul organik akan terkena elektron bertenaga tinggi dan terpecah menjadi molekul-molekul yang lebih kecil.

Setelah itu, komponen-komponen campuran yang telah dipisahkan oleh kromatografi gas akan tercermin dalam suatu spektrum massa (Gandjar dan Rohman, 2009).

Prinsip dasar dari kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS) melibatkan langkah-langkah berurutan dimulai dengan injeksi sampel cairan ke dalam injektor, di mana kemudian sampel diuapkan. Sampel yang berupa uap selanjutnya diangkut oleh gas pembawa melalui kolom untuk memfasilitasi proses pemisahan komponen. Setelah terjadi pemisahan, tiap komponen mengalir melalui ruang pengion dan mengalami ionisasi karena terpapar oleh elektron. Fragmen-fragmen ion yang terbentuk selanjutnya dideteksi oleh perangkat detektor, menghasilkan suatu spektrum massa yang merepresentasikan karakteristik molekuler dari masing-masing komponen (Cazes, 2001). Kromatografi gas (GC) merupakan metode pemisahan di mana solut yang dapat menguap dan stabil terhadap panas melewati kolom yang berisi fasa diam dengan kecepatan tertentu. Biasanya, solut terelusi berdasarkan peningkatan titik didihnya, kecuali jika terdapat interaksi khusus antara solut dan fasa diam

(Gandjar dan Rohman, 2007). Fase gerak dalam kromatografi gas adalah gas, dan zat terlarut dipisahkan sebagai uap. Pemisahan dicapai melalui partisi sampel antara fase gerak dan fase diam, yang berupa cairan dengan titik didih tinggi yang terikat pada zat padat penunjangnya (Fatma, 2009). Kromatografi gas umumnya terdiri dari lima komponen utama (Cazes, 2001) yaitu :

a. Gas Pembawa

Gas pembawa berfungsinya untuk mentransfer analit dari injektor ke detektor. Kondisi yang sangat penting untuk gas pembawa dalam kromatografi gas adalah harus tidak reaktif dan memiliki kemurnian yang tinggi. Beberapa gas pembawa yang umum digunakan mencakup helium, argon, nitrogen, atau campuran argon dan metana (Cazes, 2001).

b. Tempat Injeksi

Tempat injeksi berperan sebagai lokasi untuk menyuntikkan sampel. Jumlah volume yang disuntikkan dapat bervariasi, berkisar antara 0,01 hingga 20 μL . Poin kritis pada tempat injeksi adalah program suhu. Pengaturan suhu pada tempat injeksi harus melebihi suhu titik didih komponen yang

terdapat dalam sampel, biasanya disetel hingga 50°C di atas titik didih komponen tersebut (Cazes, 2001).

c. Termostat oven

Termostat oven berperan dalam mengontrol suhu pada kolom. Pengaturan suhu pada kolom kromatografi gas memiliki kepentingan yang besar karena proses pemisahan komponen terjadi di dalam kolom, dan ini sangat dipengaruhi oleh suhu yang diatur di dalam oven (Cazes, 2001).

d. Kolom

Kolom memainkan peran penting sebagai tempat di mana komponen-komponen dipisahkan. Karakteristik yang mengindikasikan kolom yang baik melibatkan ketahanan terhadap penguapan, kestabilan pada pemanasan, sifat lembam/inert, serta diketahui tetapan fisiknya. Secara umum, kolom kromatografi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu kolom terpacking (*packed column*) dengan panjang sekitar 2 - 3 m, diameter dalam 1,5 cm, yang umumnya digunakan untuk keperluan preparasi; dan kolom kapiler (*capillary column*) dengan panjang berkisar 25-60 m, diameter 0,3 - 0,5 mm, yang sering digunakan untuk proses analisis (Cazes, 2001).

e. Detektor

Detektor yang diinginkan memiliki kepekaan tinggi, tanggapan yang linier dan luas, responsif terhadap berbagai jenis senyawa, stabil, tidak terpengaruh oleh perubahan aliran dan suhu, serta terjangkau harganya. Dalam kromatografi gas-spektrometer massa, spektrometer massa berfungsi sebagai detektor (Cazes, 2001).

Analisis kualitatif kromatografi gas menggunakan waktu retensi sebagai parameter. Waktu retensi adalah interval antara proses penyuntikan hingga terbentuknya puncak maksimum. Karakteristik ini menjadi tanda khas dari sampel dan fasa cair pada suhu tertentu. Waktu retensi akan konsisten jika mengoptimalkan aliran dan mengendalikan suhu secara presisi, memungkinkan indentifikasi puncak secara akurat (Cazes, 2001). Penelitian kualitatif pada kromatografi gas dapat memberikan informasi terkait jumlah senyawa dalam sampel (Hakimi, 2016).

Analisis kuantitatif pada kromatografi gas memanfaatkan metode standar internal. Pemilihan metode standar internal dilakukan karena adanya ketidakpastian yang dapat diakibatkan oleh faktor-faktor seperti injeksi sampel, kecepatan aliran gas, dan

variasi kondisi kolom, yang dapat dikurangi sebanyak mungkin. Dalam langkah ini, standar internal yang telah diukur dengan teliti dimasukkan ke dalam setiap larutan standar dan sampel. Parameter analisisnya adalah rasio luas puncak analit terhadap luas puncak standar internal. Kondisi yang krusial untuk keberhasilan metode ini adalah pemisahan yang optimal antara puncak standar internal dan puncak-puncak lainnya (Faida, 2019).

Spektrometri massa (SM) adalah suatu metode analisis kualitatif yang berbeda dengan jenis spektroskopi lainnya karena prinsip dasarnya melibatkan transformasi suatu senyawa menjadi ion dan kemudian dipisahkan berdasarkan rasio massa terhadap muatan (m/z). Selanjutnya, jumlah relatif dari setiap ion ditentukan (Hakimi, 2016). Dari data spektrometri massa, dapat diperoleh informasi mengenai berat molekul suatu senyawa. Selain itu, pola fragmentasi yang dihasilkan digunakan untuk merinci reaksi fragmentasi yang terjadi, memungkinkan identifikasi struktur molekulnya (Riyanto, 2005).



Gambar 2. 6 Kromatogram Minyak Biji Nyamplung (Muderawan dan Daiwataningsih, 2016).

Muderawan dan Daiwataningsih (2016) melakukan uji GC-MS pada minyak biji nyamplung. Hasil kromatogram menunjukkan bahwa penyusun minyak biji nyamplung adalah asam lemak tidak jenuh sebanyak 68,49% dan asam lemak jenuh sebanyak 31,51 %

Tabel 2. 3 Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Nyamplung (Muderawan dan Daiwataningsih, 2016).

Nama IUPAC	Kandungan (%)
Asam tetradekanoat	4,04
Asam pentadekanoat	1,67
Asam heksadekanoat	15,33
Asam 9,12-oktadekenoat	23,94
Asam 9-oktadekanoat	43,43
Asam oktadekanoat	10,66
Asam 6-oktadekanoat	1,12

kandungan utama dari minyak biji nyamplung adalah asam 9-oktadekanoat sebanyak 43,43%, yang kemudian diikuti oleh asam 9,12-oktadekadienoat (23,94%), asam heksadekanoat (15,33%) dan asam oktadekanoat (10,66%).

B. Kajian pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Ifejika, Joel, dan Aimihke (2022) mengevaluasi beberapa sifat fisik dan komposisi minyak nabati sebagai pengganti yang sesuai dalam formulasi antifoam/defoamer. Minyak nabati diekstraksi dari kelapa sawit, kelapa, kedelai, kacang tanah, biji jarak, biji *tigernut*, biji pecan, dan walnut menggunakan metode ekstraksi Soxhlet. Minyak yang diekstraksi dianalisis untuk persentase *oil recovery*, nilai peroksida, viskositas, berat jenis, persentase asam lemak bebas (FFA), nilai iodin, dan nilai saponifikasi, dan dibandingkan dengan dua defoamer komersial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelapa, walnut, dan kelapa sawit memberikan *oil recovery* yang signifikan lebih tinggi, masing-masing sebesar 54%, 52%, dan 50%. Persentase FFA dalam minyak jarak, minyak biji pecan, dan minyak walnut cukup tinggi masing-masing sebesar 7,40%, 5,80%, dan 5,2%. Minyak kelapa dan minyak kelapa sawit memiliki nilai iodin yang lebih rendah, yaitu 9,54 dan 18,85 g/100g, dan nilai saponifikasi masing-masing 54,65

dan 72,44 mgKOH/g. Viskositas minyak kelapa sawit dan kelapa pada 30 °C sebanding dengan salah satu defoamer komersial. Pada 55 °C. Minyak kelapa sawit, kelapa, dan kacang tanah memberikan viskositas yang signifikan rendah, masing-masing sebesar 5,27; 3,7; dan 0,95 cSt (*CentiStoke*). Berat jenis dan pH semua sampel minyak serupa dengan defoamer komersial. Berdasarkan hasil analisis, minyak kelapa dan minyak kelapa sawit memiliki sifat antifoam dan defoamer yang lebih baik dibandingkan dengan minyak lainnya, sehingga cocok digunakan dalam formulasi antifoam/defoamer.

Febryantara *et al* (2018) menunjukkan hasil penelitian *antifoam* dari minyak kelapa sawit, terdapat empat tingkat konsentrasi gliserol ester yang digunakan (0,5%, 1,0%, 1,5%, dan 2,0% berat/banding) terhadap dua jenis medium pembusa, yaitu larutan *sodium dodecyl sulfate* (SDS) 1% berat/banding dan larutan agen pembusa NF24 1% berat/banding. Berdasarkan uji performa penurunan tinggi busa, konsentrasi optimal gliserol ester untuk mengurangi persentase penurunan tinggi busa pada medium SDS adalah 2,0%, sementara pada medium NF24 adalah 1,5%. Kinerja gliserol ester lebih unggul dibandingkan dengan *silicone oil* pada konsentrasi yang

sama, khususnya dalam hal penurunan tinggi busa medium SDS.

Lestari dan priyanto (2019) menunjukkan hasil penelitian *antifoam* dari minyak bintoro. Minyak bintoro ditransesterifikasi menggunakan metanol dengan perbandingan 1:9 menggunakan katalis NaOH sebesar 2% dari berat minyak bintoro. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa hasil terbaik didapatkan pada transesterifikasi dengan suhu 60°C yang menghasilkan yield sebesar 87,11%. Dosis optimum penambahan *antifoam* yakni konsentrasi 55 ppm dengan persentase penurunan busa hingga 96,49% dan kecepatan penurunan sebesar 0,38 cm/s.

Fauzia dan Nofa (2018) menunjukkan hasil penelitian *antifoam* dari minyak jarak. Minyak jarak ditransesterifikasi menggunakan metanol dengan perbandingan 1:6 menggunakan katalis KOH sebesar 2% dari berat minyak jarak. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa hasil terbaik didapatkan pada transesterifikasi dengan suhu 65°C yang menghasilkan yield sebesar 98%. Dosis optimum penambahan *antifoam* yakni konsentrasi 70 ppm dengan presentase penurunan busa sebesar 100% dan lama waktu penurunan busa yakni 40 detik.

Kougias, Boe, dan Angelidaki (2015) meneliti tentang penggunaan minyak *rapeseed* dan asam oleat sebagai antifoam dalam reaktor biogas, masing-masing antifoam diuji pada konsentrasi 0,1% dan 0,5% dan diujikan terhadap tinja sapi (kontrol), tinja sapi yang ditambah protein, tinja sapi yang ditambah karbohidrat, dan tinja sapi yang ditambahkan lipid. Hasil uji antifoam *rapeseed* pada tinja sapi (kontrol), tinja sapi yang ditambah protein, dan tinja sapi yang ditambah karbohidrat menunjukkan persen penurunan busa sebesar 100%, sedangkan hasil uji antifoam asam oleat pada tinja sapi (kontrol), tinja sapi yang ditambah protein, dan tinja sapi yang ditambah karbohidrat menunjukkan persen penurunan busa sebesar 84%, 82%, dan 60%. Dapat disimpulkan bahwa minyak *rapeseed* menunjukkan efisinesi yang lebih tinggi daripada asam oleat.

C. Hipotesis

Penelitian ini diharapkan dapat menguji metil ester minyak biji nyamplung sebagai bahan dasar dari antifoam. Melalui analisis GC-MS diharapkan bahwa senyawa yang terkandung dalam antifoam nyamplung dapat diidentifikasi secara rinci sehingga memberikan wawasan tentang senyawa kimia yang mendukung sifat antifoam. Hipotesis ini berasumsi bahwa metil ester

minyak biji nyamplung dapat menjadi bahan dasar dari pembuatan *antifoam*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di Laboraturium Kimia Organik kampus 2 UIN Walisongo Semarang pada bulan Agustus 2023 sampai bulan November 2023.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan adalah gelas beker *pyrex* 250 mL, erlenmeyer *pyrex* 250 ml, gelas ukur *pyrex* 100 mL, corong pisah *pyrex* 250 mL, buret, termometer, labu alas bulat *pyrex* 250 mL, labu destilasi *pyrex* 250 mL, kondensor, tabung soxhlet, *magnetic stirer*, *heating mantle*, pompa, selang pompa, kertas saring, batang pengaduk, mortar dan alu, batu didih, alumunium foil, GC-MS *Thermo Scientific* ISQ 7000.

2. Bahan

Bahan yang digunakan adalah biji nyamplung 250 g dari pantai Jepara, NaOH PA MERCK 1 M, n-heksana teknis, indikator *phenolphthalein*, larutan NaOH 0,5 N, metanol teknis, *antifoam* Foamaster MO NXZ dari PT. BASF Indonesia, molases dari Kiyomi Baking, dan akuades.

C. Cara kerja

1. Preparasi sampel biji nyamplung

Proses preparasi sampel dimulai dengan pemisahan biji dari buah nyamplung. Biji nyamplung sebanyak 250 g dikeringkan menggunakan oven pada suhu 45°C selama 24 jam. Biji nyamplung yang sudah kering dihaluskan menggunakan mortar dan alu (Lestari dan Priyanto, 2018)

2. Ekstraksi

Soxhletasi adalah metode ekstraksi untuk mengeluarkan minyak dari sampel, perbandingan yang digunakan antara sampel dan pelarut adalah 1:5 (Sarwono, 2017). sebanyak 50 g bubuk biji nyamplung dibungkus dengan kertas saring dan dimasukkan ke dalam tabung soxhlet. Pelarut n-heksana sebanyak 255 mL dimasukkan ke dalam labu alas bulat disusul dengan dimasukkannya batu didih. Labu alas bulat berisi n-heksana disusun dengan tabung ekstraksi soxhlet dan kondensor yang diletakkan di atas *heating mantle*. Pompa yang direndam didalam air dingin disambungkan pada kondensor menggunakan selang untuk mengalirkan air dingin. *Heating mantle* dinyalakan pada suhu 65 °C dan ekstraksi dijalankan. Proses ini diulangi sampai larutan menjadi bening dan

tidak lagi keruh, menghasilkan larutan yang jernih sebagai hasil ekstraksi (Juwita, 2009).

Proses ekstraksi berlanjut dengan melakukan destilasi untuk memisahkan pelarut yang telah digunakan dan memperoleh minyak biji nyamplung yang tidak mengandung pelarut. Pelarut dan hasil destilasi dipisahkan menggunakan set alat destilasi, dengan suhu dijaga pada 60°C. Rendemen minyak dihitung dengan persamaan:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat hasil}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

...(3.1) (Lestari dan Priyanto, 2018)

3. Uji FFA (*Free Fatty Acid*)

Minyak nyamplung ditimbang sebanyak 5,2 g dan dicampurkan dengan metanol sebanyak 25 mL. Campuran tersebut dipanaskan hingga mendidih lalu dibiarkan dingin. Campuran minyak dan metanol ditambahkan 3 tetes indikator fenolftalein. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirer* agar larutan homogen, proses ini dilakukan tanpa menyalakan pemanas. Buret disiapkan dan minyak dititrasi menggunakan larutan NaOH 0,5 N. Proses titrasi dihentikan ketika larutan mulai berubah warna menjadi merah muda. FFA dihitung menggunakan persamaan:

$$\%FFA = \frac{BM \text{ NaOH} \times n \text{ NaOH} \times v \text{ NaOH}}{\text{Berat Minyak}} \times 100\%$$

BM= Berat molekul

N= Normalitas (N)

V= volume (mL)

...(3.2) (AOAC, 2005)

4. Transesterifikasi

Transesterifikasi dimulai dengan menyiapkan minyak dan metanol dalam variasi 1:1, 1:6, dan 1:12, campuran antara keduanya dibatasi sebanyak 400 mL per campuran. NaOH ditimbang dalam jumlah 1% dari berat minyak lalu dilarutkan dalam campuran minyak dan metanol per masing-masing variasi hingga homogen.

Tabel 3. 1 Perbandingan Minyak dan Metanol untuk Proses Transesterifikasi

Variasi	Minyak (mL)	Metanol (mL)
1:1	200	200
1:6	57,14	342,86
1:12	30,7	369,3

Campuran minyak dan metanol dimasukkan ke dalam gelas beker dan gelas beker dipanaskan dengan *magnetic stirrer*. Gelas beker ditutup dengan aluminium foil dan termometer dimasukkan untuk mengukur suhu. Selama proses reaksi, kecepatan pemutaran

diatur menjadi 300 rpm, dan suhu dijaga sekitar 58 - 60°C. Reaksi dilakukan selama 2 jam. Hasil transesterifikasi dimasukkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan memisah selama 24 jam, diambil lapisan atas yang berupa metil ester (Wibowo, 2013).

5. Pencucian *yield*

Pencucian *yield* bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang masih tersisa. *Yield* yang telah didiamkan dalam corong pisah kemudian dipisahkan. Lapisan atas mengandung metil ester, sementara lapisan bawah mengandung gliserin (gliserol). Metil ester dicuci menggunakan akuades sebanyak tiga kali. Metil ester yang sudah dicuci kemudian difiltrasi menggunakan kertas saring untuk memastikan bahwa tidak ada gliserol yang tertinggal. Setelah dipisahkan maka dilakukan perhitungan *yield* dari reaksi transesterifikasi menggunakan persamaan 3.2

$$Yield(\%) = \frac{\text{Massa hasil reaksi}}{\text{Massa minyak awal}} \times \sum \text{konsentrasi FAME}$$

..... (3.3)

(Umami, 2015)

6. Analisis GC-MS Antifoam Nyamplung

Uji GC-MS dilakukan untuk melihat seberapa banyak metil ester yang terdapat pada antifoam nyamplung. Pengujian dilakukan di Laboratorium

Biologi UIN Walisongo Semarang dengan GC-MS *Thermo Scientific ISQ 7000* (Maharani, 2015).

7. Pengujian Metil Ester Biji Nyamplung

Metil ester akan diuji kemampuannya sebagai bahan penghilang busa, performa metil ester dapat dilihat dari seberapa banyak busa yang dapat dihilangkan (penurunan busa) dan seberapa cepat busa tersebut menghilang (kecepatan penurunan busa). Ketiga variasi konsentrasi metil ester (1:1, 1:6, 1:12) akan di uji dengan variasi dosis penambahan yaitu 5, 10, 15, 20, 25 tetes (Lestari dan Priyanto, 2018).

Molases sebanyak 2 g ditambahkan dalam 10 mL air, kemudian larutan tersebut dimasukkan ke dalam gelas ukur. Selang pompa dimasukkan ke dalam gelas ukur dan pompa dinyalakan selama 5 menit untuk membentuk busa. Pompa dimatikan setelah 5 menit, busa ditunggu hingga tidak bergerak lagi lalu diukur tinggi busanya sebagai (h awal). Metil ester nyamplung diteteskan pada busa yang terbentuk bersama dengan penekanan *stopwatch* untuk menghitung mulainya waktu penurunan busa. *Stopwatch* dimatikan ketika busa sudah tidak berkurang lagi, dicatat waktu penurunan busa (t) dan dihitung tinggi busanya

sebagai (h akhir). Perlakuan ini diulangi untuk semua variasi metil ester minyak nyamplung. Dihitung persentase penurunan busa dan kecepatan penurunan busa dengan persamaan 3.4 dan 3.5.

$$\%Penurunan\ Busa = \frac{\Delta h}{h\ awal} \times 100\%$$

h = Tinggi (cm)

Δh = Tinggi akhir - tinggi awal (cm)

...(3.4) (Lestari dan Priyanto, 2018).

$$V\ Penurunan\ Busa = \frac{\Delta h}{Waktu\ Penurunan} \times 100\%.$$

Δh = Tinggi akhir - tinggi awal (cm)

...(3.5) (Lestari dan Priyanto, 2018)

8. Perbandingan Metil Ester Minyak Biji Nyamplung dan *Antifoam "Foammaster"*

Antifoam "foammaster" merupakan produk komersial untuk menghilangkan busa. Produk ini dihitung performa penurunan busanya untuk menjadi pembanding dengan metil ester minyak biji nyamplung. "*Foammaster*" diuji performa penurunan busa dan waktu penurunan busanya dengan variasi

dosis penetesan *antifoam* yang digunakan yaitu 5, 10, 15, 20, 25 tetes.

Perlakuan pengujian *antifoam foammaster* dilakukan seperti perlakuan pengujian metil ester minyak nyamplung yaitu dengan penambahan 2 g molases dalam 10 mL air kemudian larutan tersebut dimasukkan ke dalam gelas ukur. Preparasi alat dilakukan dengan selang pompa dimasukkan ke dalam gelas ukur dan pompa dihidupkan selama 5 menit untuk membentuk busa. Pompa dimatikan setelah 5 menit, busa ditunggu hingga tidak bergerak lagi lalu diukur tinggi busanya sebagai (h awal). *Antifoam foammaster* diteteskan pada busa yang terbentuk bersama dengan penekanan *stopwatch* untuk menghitung mulainya waktu penurunan busa. *Stopwatch* dihentikan ketika busa sudah terlihat tidak berkurang lagi, dicatat waktu penurunan busa (t) dan tinggi busanya sebagai (h akhir). Dihitung persentase penurunan busa dan kecepatan busa *antifoam foammaster* dengan menggunakan persamaan 3.4 dan 3.5, kemudian dibandingkan hasil uji *antifoam foammaster* dengan metil ester nyamplung.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Sampel

Biji nyamplung sebanyak 250 g dikeringkan di oven pada suhu 45°C selama 24 jam. Tujuan dari proses pengeringan ini adalah untuk mengurangi kadar air yang terdapat dalam biji nyamplung, sehingga mempermudah dalam ekstraksi minyak dari biji nyamplung (Juwita, 2009). Setelah itu biji nyamplung yang ada di dalam oven dikeluarkan dan dihaluskan menggunakan mortar dan alu, didapatkan bubuk kasar biji nyamplung berwarna coklat sebanyak 200 g yang ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Biji Nyamplung Kering

B. Ekstraksi Biji Nyamplung

Biji Nyamplung diekstraksi dengan n-heksana. Metode ekstraksi yang digunakan adalah ekstraksi soxhlet. Perbandingan antara sampel dan pelarut adalah 1:5. Biji nyamplung sebanyak 50 g akan dilarutkan dengan n-heksana sebanyak 255 mL. Biji nyamplung dibungkus menggunakan kertas saring dan dimasukkan ke dalam selongsong.



Gambar 4. 2 Biji Nyamplung Halus

N-heksana sebanyak 255 mL dituangkan ke dalam labu alas bulat (Juwita, 2009). n-heksana digunakan sebagai pelarut karena sifatnya yang ringan dalam mengangkat minyak yang terkandung dalam biji-bijian (Susanti, Adriana, dan Gumelar, 2012). n-heksana memiliki kepolaran yang sama dengan lipid (lemak dan minyak) sehingga memudahkan ekstraksi minyak dari biji-bijian, n-heksana juga selektif dalam mengekstrak lipid sehingga meninggalkan senyawa polar seperti air, gula, dan protein. Waktu ekstraksi dapat bervariasi karena faktor

sampel, suhu, dan pelarut yang dipakai. Ekstraksi dilakukan sebanyak 9 siklus hingga larutan menjadi bening tanpa kekeruhan (Satriana *et al.*, 2023). Setelah itu alat ekstraksi disusun dengan cermat, memastikan bahwa semua komponen terpasang dengan baik.



Gambar 4. 3 Ekstraksi Soxhlet Biji Nyamplung

Alat ekstraksi Soxhlet dinyalakan pada suhu 65°C dan dijaga hingga bersuhu 70°C , hal ini bertujuan agar n-heksana yang bertindak sebagai pelarut dapat menguap (Juwita, 2009). Pada saat yang sama, sampel yang telah dibungkus kertas saring dimasukkan ke dalam selongsong untuk memulai proses ekstraksi. N-heksana yang berperan sebagai pelarut yang berada pada labu alas bulat dipanaskan hingga menguap. Uap n-heksana kemudian naik melalui pipa pengalir uap dan melewati sampel, uap n-heksana kemudian didinginkan oleh

cell pendingin sehingga mengembun dan menetes pada sampel biji nyamplung. n-heksana akan menggenangi sampel biji nyamplung dan bila tingginya melebihi sifon maka ekstrak akan keluar dan mengalir kembali ke labu alas bulat. Ekstrak biji nyamplung yang sudah terkumpul dipanaskan sehingga n-heksana dapat menguap tetapi ekstrak biji nyamplung tetap tertinggal pada labu alas bulat, proses ini disebut pendaurulangan pelarut sehingga sampel selalu diekstraksi dengan pelarut yang baru. Tahap ini diulangi secara berulang selama 3 jam hingga larutan yang dihasilkan menjadi bening tanpa kekeruhan (Juwita, 2009). Hasil dari proses ekstraksi ini adalah larutan bening berwarna kuning kehijauan sebanyak 300 mL.



Gambar 4. 4 Hasil Ekstraksi Biji Nyamplung

Tahap selanjutnya adalah destilasi. Tujuan dari destilasi adalah untuk memisahkan antara pelarut dan minyak dari hasil soxhletasi. Proses destilasi diawali dengan

memasukkan larutan ekstraksi biji nyamplung ke dalam labu alas bulat, kemudian dihubungkan labu alas bulat dengan kondensor dan kolektor. Ekstrak biji nyamplung dipanaskan pada suhu 60°C dengan tujuan untuk menguapkan n-heksana sehingga terpisah dari ekstrak. Uap n-heksana yang dihasilkan mengalir ke kondensor dan dikondensasikan menjadi embun. Embun n-heksana yang terkondensasi akan mengalir ke dalam kolektor dan dipisahkan dari ekstrak. n-heksana akan terus diuapkan hingga terpisah sempurna dari ekstrak. Hasil destilasi yang diperoleh adalah minyak biji nyamplung kental berwarna hijau gelap sebanyak 33 mL. Rendemen minyak dihitung menggunakan persamaan 3.1 yakni sebesar 16,5%.



Gambar 4. 5 Minyak Biji Nyamplung

C. Uji FFA (*Free Fatty Acid*)

Uji FFA dilakukan untuk menentukan apakah minyak tersebut bisa langsung di transesterifikasi atau tidak.

Ditimbang 5,2 g minyak nyamplung yang ditempatkan dalam gelas beker. Ditambahkan metanol sebanyak 25 mL ke dalam gelas beker yang berisi minyak, metanol ditambahkan supaya lemak dapat larut dan bereaksi dengan basa alkali (Suroso, 2013). Campuran dipanaskan hingga mencapai titik didih, fungsi pemanasan adalah untuk mempercepat larutnya minyak dalam alkohol (Suroso, 2013). Setelah mencapai titik didih campuran dibiarkan dingin (Silalahi, 2017).

Tiga tetes indikator *phenolphthalein* (pp) basa diteteskan ke dalam campuran minyak dan metanol, Fenolftalein digunakan sebagai indikator titrasi untuk menunjukkan titik ekuivalen dalam reaksi antara natrium hidroksida (NaOH) dan asam lemak bebas. Titik ekuivalen adalah titik di mana jumlah asam lemak bebas sama dengan jumlah natrium hidroksida yang ditambahkan. Fenolftalein akan mengalami perubahan warna dari tidak berwarna menjadi merah muda ketika mencapai titik ekuivalen.



Gambar 4. 6 Perubahan Warna pada Proses Titrasi

Sampel minyak yang ada dalam gelas beker ditempatkan di atas *magnetic stirrer* dan diputar tanpa menyalakan suhu. Setelah itu buret disiapkan untuk melakukan titrasi menggunakan larutan NaOH 0,5 N, natrium hidroksida digunakan sebagai larutan titran dalam titrasi untuk menentukan jumlah asam lemak bebas. Selama titrasi, NaOH bereaksi dengan asam lemak bebas untuk membentuk garam dan air. Titrasi dilakukan dengan hati-hati dan proses dihentikan saat larutan mulai berubah warna menjadi merah muda (Untari dan Ainna, 2020), menunjukkan titik akhir titrasi sebanyak 0,7 mL Tabel 4.1 menunjukkan data penelitian untuk uji FFA.

Tabel 4. 1 Data Pengamatan Uji FFA

Parameter	Nilai
Normalitas NaOH	0,5 N
Volume titrasi NaOH	0,7 mL

Berat minyak	5,2 gram
---------------------	----------

Menggunakan persamaan 3.2 didapatkan FFA dari minyak biji nyamplung sebesar 2,692% sehingga minyak bisa langsung ditransesterifikasi (Prafulla, 2012).

D. Transesterifikasi

Campuran minyak dan metanol sebanyak 400 mL disiapkan dengan variasi perbandingan 1:1, 1:6, dan 1:12, penambahan metanol dimaksudkan untuk menginisiasi reaksi trigliserida (minyak biji nyamplung) menjadi metil ester dan gliserol (Musta *et al.*, 2017). Metanol bersifat universal, karena mampu mengekstrak komponen polar dan juga non polar (minyak dan lemak) (Susanti, Adriana, dan Gumelar, 2012). Katalis yang digunakan adalah NaOH. NaOH digunakan karena dapat bereaksi pada suhu rendah dan memiliki kemampuan katalis yang tinggi (Kusdiana dan Saka, 2004).



Gambar 4. 7 Reaksi Transesterifikasi

NaOH sebanyak 1% dari berat minyak ditimbang dan dilarutkan dalam metanol hingga benar-benar larut. Campuran minyak, metanol, dan NaOH dimasukkan ke dalam gelas beker yang diletakkan di atas *magnetic stirrer*. Gelas beker ditutup dengan aluminium foil untuk mencegah adanya metanol yang menguap dan dilengkapi dengan termometer untuk mengukur suhu. Selanjutnya, gelas beker diatur kecepatan pemutaran menjadi 300 rpm dan suhu dijaga pada kisaran 58-60 derajat celsius agar metanol tidak menguap (Wibowo, 2013). Setelah 2 jam maka reaksi dihentikan dan hasil transesterifikasi dipindahkan ke corong pisah dan dibiarkan memisah selama 24 jam.



Gambar 4. 8 Pemisahan Metil Ester (atas) dan Gliserol (bawah)

Hasil reaksi dalam corong pisah terbagi menjadi dua lapisan. Lapisan atas adalah metil ester, sementara lapisan bawah merupakan gliserin (gliserol). Untuk membersihkan metil ester, dilakukan pencucian sebanyak 3 kali dengan menggunakan akuades bersuhu ruang sebanyak 30 mL. Setelah proses pencucian, metil ester kemudian difiltrasi dengan kertas saring untuk menghilangkan kotoran dan partikel yang mungkin masih ada dalam larutan. Rendemen metil ester pada tabel 4.2 dihitung menggunakan persamaan 3.1.

Tabel 4. 2 Hasil Reaksi Transesterifikasi

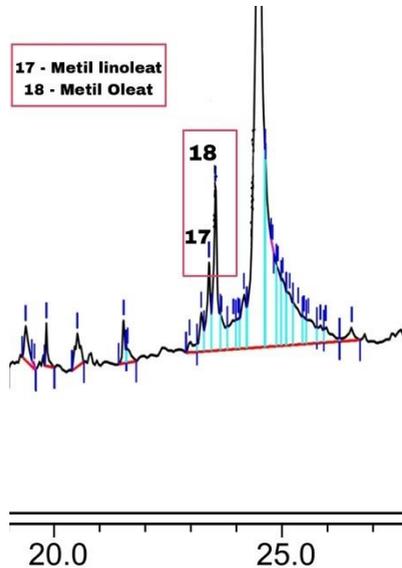
Konsentrasi	Berat Metil Ester (gram)	Rendemen (%)
1:1	252,39	63,09
1:6	267,4	66,85
1:12	286,8	71,7

Berdasarkan tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa konsentrasi 1:12 menghasilkan metil ester paling banyak yakni sebesar 286,8 g dengan rendemen sebesar 71,7%.

E. Analisis GC-MS Metil Ester Nyamplung

Ketiga variasi metil ester di analisis dengan GC-MS untuk mengetahui *fatty acid metil ester (FAME)* yang terbentuk dari asam lemak bebas minyak biji nyamplung. Asam lemak yang terdapat pada minyak nyamplung adalah asam palmitat, asam stearat, asam oleat dan asam linoleat (Susila, 2018). Metil ester nyamplung dengan variasi 1:1 menunjukkan bahwa *FAME*

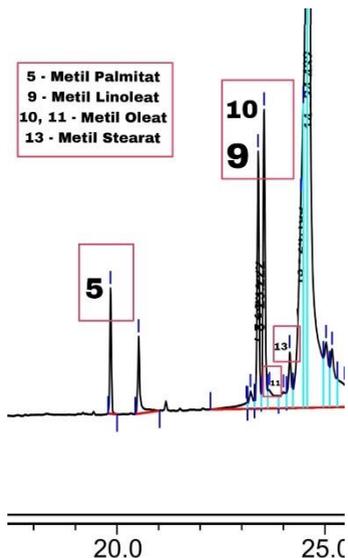
muncul pada waktu retensi 23 menit. Metil linoleat teridentifikasi pada puncak ke 17 sebagai *8,11-Octadecadienoic acid, methyl ester*. Metil oleat teridentifikasi pada puncak ke 18 sebagai *10-Octadecenoic acid, methyl ester*.



Gambar 4. 9 GC-MS Metil Ester Nyamplung 1:1

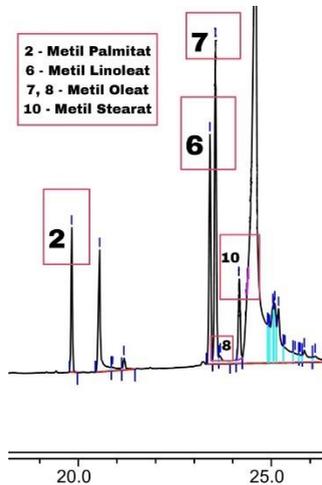
Metil ester nyamplung dengan variasi 1:6 menunjukkan bahwa *FAME* muncul pada waktu retensi 19 - 24 menit. Metil palmitat teridentifikasi pada puncak ke 5 sebagai *Hexadecanoic acid, methyl ester*. Metil linoleat teridentifikasi pada puncak ke 9 sebagai *9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester*. Metil oleat teridentifikasi pada puncak ke 10 dan 11 sebagai *9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester* dan *10-*

Octadecenoic acid, methyl ester. Metil stearat teridentifikasi pada puncak ke 13 sebagai *Methyl stearate*.



Gambar 4. 10 GC-MS Metil Ester Nyamplung 1:6

Metil ester nyamplung dengan variasi 1:12 menunjukkan bahwa *FAME* muncul pada waktu retensi 19 - 24 menit. Metil palmitat teridentifikasi pada puncak ke 2 sebagai *Hexadecanoic acid, methyl ester*. Metil linoleat teridentifikasi pada puncak ke 6 sebagai *9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester*. Metil oleat teridentifikasi pada puncak ke 7 dan 8 sebagai *9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester* dan *10-Octadecenoic acid, methyl ester*. Metil stearat teridentifikasi pada puncak ke 10 sebagai *Methyl stearate*.



Gambar 4. 11 GC-MS Metil Ester Nyamplung 1:12

Hasil GC-MS untuk ketiga variasi antifoam nyamplung menunjukkan bahwa *FAME* rata-rata muncul pada waktu retensi 23 menit namun menunjukkan persen komponen yang berbeda, metil ester inilah yang menjadi bahan dasar dari pembuatan *antifoam*. Persen komponen *FAME antifoam* nyamplung ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kandungan *FAME* Metil Ester Biji Nyamplung

Senyawa	FAME(%)		
	1:1	1:6	1:12
Metil Linoleat	0,93%	2,35%	3,22%
Metil Oleat	1,93%	3,61%	5,04%
Metil Palmitat	-	0,83%	1,51%
Metil Stearat	-	0,74%	0,5%
Jumlah	2,86%	7,53%	10,27%

Tabel 4.3 Menunjukkan hasil uji GC-MS metil ester nyamplung sesuai dengan hasil penelitian oleh Lestari dan Priyanto (2018) yang menyatakan bahwa semakin banyak metanol yang digunakan pada reaksi transestrifikasi maka semakin banyak juga *FAME* yang dihasilkan. Persen *FAME* terbesar didapatkan oleh antifoam nyamplung 1:12 yakni sebesar 10,27%. Berdasarkan tabel 4.3, yield metil ester dapat dihitung menggunakan persamaan 3.3

Perhitungan yield ditunjukkan pada tabel 4.4, yield metil ester terbesar ditunjukkan oleh metil ester 1:12

Tabel 4. 4 Yield Metil Ester Biji Nyamplung

Metil ester	Yield(%)
1:1	3,609
1:16	35,23
1:12	95,94

F. Pengujian Metil Ester Nyamplung

Evaluasi dosis optimal penambahan metil ester minyak nyamplung dilakukan melalui uji ketinggian busa dengan menggunakan molases sebagai sampel uji. Data hasil analisis dosis optimal penambahan metil ester ini diperoleh dari persentase penurunan busa dan laju penurunan yang diukur.

Molases sebanyak 2 g disiapkan dan dilarutkan dalam 10 mL air sebelum dimasukkan ke dalam gelas ukur. Proses selanjutnya melibatkan persiapan pompa, di mana selang

pompa dimasukkan ke dalam gelas ukur selama 5 menit untuk menciptakan busa.

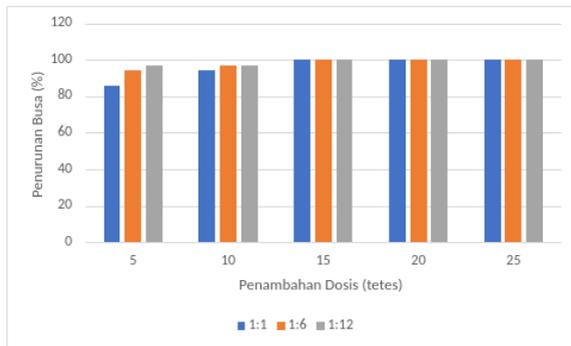
Tabel 4. 5 Persen Penurunan Busa Metil Ester Nyamplung

Penurunan Busa(%)					
Dosis (tetes)	5	10	15	20	25
Varian					
1:1	86,1±3,2	94,2±0.2	100	100	100
1:6	94,1±0.2	97,05±0.1	100	100	100
1:12	97,2±1.4	97,05±1.7	100	100	100
foammaster	97,2±0.1	98,5±0.7	100	100	100

Metil ester diteteskan dalam variasi dosis, yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25 tetes. Tinggi awal busa, tinggi akhir busa, dan waktu penurunan busa dicatat. Persen penurunan busa dihitung menggunakan persamaan 3.4. Tabel 4.4 menunjukkan bahwa penambahan metil ester dengan konsentrasi 1:1 pada larutan molases yang diberi dosis 5 tetes diperoleh penurunan busa sebesar 86,1%. Larutan molases yang diberi dosis 10 tetes diperoleh penurunan busa sebesar 94,2%. Larutan molases yang diberi dosis 15 tetes dan variasi dosis seterusnya diperoleh penurunan busa yang sama yaitu sebesar 100%.

Metil ester dengan konsentrasi 1:6 pada larutan molases yang diberi dosis 5 tetes diperoleh penurunan busa sebesar 94,1%. Larutan yang diberi dosis 10 tetes diperoleh penurunan busa sebesar 97,05%. Larutan molases yang diberi dosis 15 tetes dan variasi dosis seterusnya diperoleh

penurunan busa yang sama yaitu sebesar 100%. metil ester dengan konsentrasi 1:12 pada larutan molases yang diberi dosis 5 tetes diperoleh penurunan busa sebesar 97,2%. Larutan molases yang diberi dosis 10 tetes tetes diperoleh penurunan busa sebesar 97,05%. Larutan molases yang diberi dosis 15 tetes dan variasi dosis seterusnya diperoleh penurunan busa yang sama yaitu sebesar 100%. Gambar 4.12 menunjukkan bahwa semakin banyak tetes penambahan metil ester maka penurunan busa akan semakin besar pula. Dosis optimum yang diperlukan metil ester nyamplung adalah 15 tetes.



Gambar 4. 12 Grafik Penambahan Dosis Metil Ester Terhadap Persen Penurunan.

Pengaruh dosis metil ester minyak nyamplung terhadap kecepatan penurunan busa juga diuji, untuk menghitung kecepatan penurunan busa digunakan persamaan 3.5.

Tabel 4.5 menunjukkan perbandingan kecepatan penurunan busa antar variasi konsentrasi. Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan metil ester maka akan berbanding lurus dengan kecepatan penurunan busa.

Tabel 4. 6 Kecepatan Penurunan Busa

Kecepatan Penurunan Busa (cm/s)					
Dosis (tetes)	5	10	15	20	25
variasi					
1:1	0,010± 0,0009	0,015±0. 001	0,024± 0,006	0,025± 0,006	0,034± 0,01
1:6	0,012± 0,0004	0,025±0. 0005	0,030± 0,002	0,044± 0,001	0,055± 0,004
1:12	0,014± 0,0001	0,028±0, 0004	0,039± 0,002	0,056± 0,0005	0,068± 0,002
Foammaster	0,029± 0,0002	0,056±0, 005	0,083± 0,01	0,106± 0,02	0,134± 0,03

Kecepatan penurunan busa pada semua konsentrasi terus meningkat seiring penambahan dosis metil ester, konsentrasi metil ester 1:12 memiliki kecepatan penurunan busa paling cepat diantara konsentrasi lainnya yakni pada penambahan dosis 25 tetes, didapatkan kecepatan sebesar 0,068 cm/s.

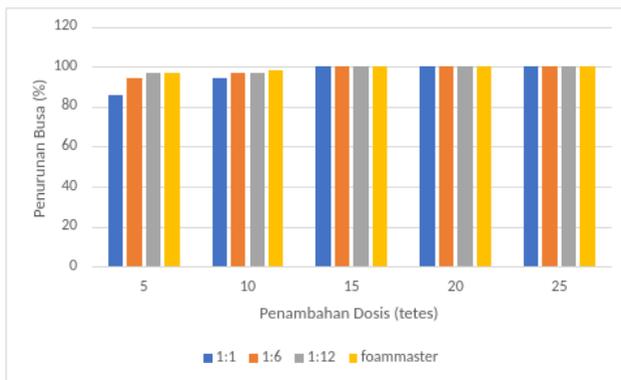
G. Perbandingan *Antifoam* Nyamplung dengan *Antifoam* “*Foammaster*”

Antifoam komersial dengan nama “*foammaster*” diuji kemampuannya sebagai pembanding untuk metil ester minyak nyamplung. *Antifoam foammaster* sebanyak 30 g dilarutkan dengan 70 g metanol, setelah dilarutkan maka

foammaster siap diujikan. Dosis yang dipakai untuk *antifoam foammaster* adalah 5, 10, 15, 20, 25 tetes.

Pengujian dimulai dengan menyiapkan 2 g molases yang larut dalam 10 mL air, perhitungan persentase penurunan busa dan kecepatan penurunan busa menggunakan persamaan 3.4 dan 3.5.

Penambahan *antifoam foammaster* pada larutan molases dengan dosis 5 tetes mengalami penurunan busa sebesar 97,2%. Larutan molases yang ditambahkan *antifoam foammaster* dengan dosis 10 tetes mengalami penurunan busa sebesar 98,5%. Larutan molases yang diberi dosis 15 tetes dan variasi dosis seterusnya diperoleh penurunan busa yang sama yaitu 100%.

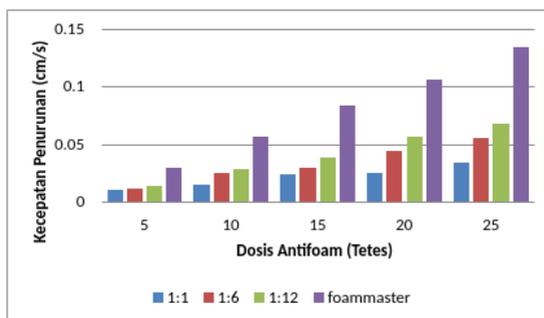


Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Penurunan Busa Antara Metil Ester Nyamplung dengan *Antifoam Foammaster*

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa metil ester nyamplung dan *antifoam foammaster* memiliki persen penurunan busa

yang sama yakni sebesar 100% pada dosis penambahan 15 tetes, hal ini menunjukkan bahwa performa metil ester nyamplung menyamai performa *antifoam foammaster* dari segi penurunan busa.

Kecepatan penurunan busa dibandingkan untuk melihat apakah kemampuan antifoam nyamplung dapat menyamai atau bahkan lebih baik dari *antifoam foammaster*. Hasil uji menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan antifoam maka akan berbanding lurus dengan kecepatan penurunan busa. Kecepatan penurunan busa terus meningkat seiring penambahan dosis *antifoam*, *antifoam foammaster* memiliki kecepatan penurunan busa sebesar 0,134 pada dosis 25 tetes.



Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Kecepatan Penurunan Busa metil ester Nyamplung dengan *Antifoam Foammaster*.

Gambar 4.14 menunjukkan kecepatan penurunan busa metil ester nyamplung 1:12 sebesar 0,068 cm/s pada dosis 25

tetes, lebih lambat dari kecepatan penurunan busa *antifoam foammaster* sebesar 0,134 cm/s pada dosis 25 tetes.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Hasil GC-MS dari metil ester minyak biji nyamplung menunjukkan kandungan metil ester berupa metil linoleat, metil oleat, metil stearat, dan metil palmitat.
2. Perbedaan rasio perbandingan antara minyak dan alkohol mempengaruhi *yield* metil ester biji nyamplung. *Yield* yang dihasilkan metil ester 1:1, 1:6, dan 1:12 berturut-turut adalah sebesar 3,609%, 35,23%, dan 98,95%.
3. Metil ester minyak biji nyamplung dan *antifoam foammaster* memiliki dosis optimum yang sama yakni 15 tetes dengan presentase penurunan busa sebesar 100%. Kecepatan penurunan busa metil ester minyak biji nyamplung lebih lambat dari kecepatan penurunan busa *antifoam foammaster*.

B. Saran

Bagi peneliti selanjutnya dapat dilakukan variasi terhadap jenis minyak dan cara transesterifikasi yang digunakan. Bagi peneliti selanjutnya dapat dilakukan uji kadar air pada proses pengeringan biji nyamplung

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F., Firman, M., & Inti, R. (2019). Pembuatan Antifoam Agent dari Variasi Bahan Baku Minyak Nabati Menggunakan Pemanas Microwave. *Jurnal IPTEK Media Komunikasi Teknologi*, 1(1), 1-10.
- Alfonsius Wijaya B., C. .. (2014). Potensi Ekstrak Etanol Tangkai Daun Talas (*Colocasia esculenta* [L]) sebagai Alternatif Obat Luka Pada Kulit Kelinci (*Oryctolagus cuniculus*). *Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT*, Vol.3 Issue 3.
- Alim, R. H. (2021). *Catalytic cracking minyak nyamplung calophyllum inophyllum l Menjadi biofuel menggunakan katalis nitr/zeolit hierarki* . Jakarta: Bachelor's thesis. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Alseekh, S., de Souza, L., Benina, M., & Fernie, A. (2020). The style and substance of plant flavonoid decoration; towards defining both structure and function. *Phytochemistry*, 174, 112347.
- Anderson, R. C. (2012). Bactericidal effect of hydrolysable and condensed tannin extracts on *Campylobacter jejuni* in vitro. *Folia Microbiologica*, 57, 253-258.
- Angelina, M. T. (2015). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kemangi (*Ocimum sanctum* L) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Protobiont*, 4(1), 184-189.
- Anggraeni, S. R. (2015). Karakteristik fisiko-kimia minyak biji bintaro (*Cerbera manghas* L) dan potensinya sebagai

- bahan baku pembuatan biodiesel. *Jurnal Akuatika*, 6(2).
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (18th ed ed.). AOAC International.
- Arifin, B. &. (2018). Struktur Bioaktivitas Dan Antioksidan Flavonoid. *Jurnal Zarah*, No (1), 21-29.
- Armalita, R. D. (2015). *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Bintaro Dengan Reaksi Transesterifikasi Dan Katalis Lempung*. Riau: Riau University.
- Ataya, F., Dube, M. A., & Ternan, M. (2007). Acid-catalyzed transesterification of canola oil to biodiesel under single-and two-phase reaction conditions. *Energy & Fuels*, 21(4), 2450-2459.
- Aviany, H. B. (2020). Analisis Efektivitas Probiotik di Dalam Produk Kecantikan sebagai Antibakteri terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis*. In *Berkala Bioteknologi*, Vol. 3 Issue 2.
- Awasthee N., S. A. (2022). Piperlongumine a piper alkaloid, enhances the efficacy of doxorubicin in breast cancer: Involvement of glucose import. ROS, NF-KB and IncRNAs. *Apoptosis*, 27, 261-282.
- Ayu A. Ragil Mukaromah, A. F. (2020). DAYA HAMBAT EKSTRAK DAUN SIRIH HIJAU (*Piper betle* L.) PADA PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli*. *Jurnal Kesehatan*.
- Aziz, R. A. (2016). Sintesis metil ester dari minyak biji kemiri (*Aleurites molluccana*) menggunakan metode ultrasonokimia. *Al-Kimia*, 4(1), 21-30.

- Azizah M., S. L. (2020). Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Seledri (*Apium graveolens* L.) dan Madu Hutan Terhadap Beberapa Bakteri Penyebab Penyakit Kulit . *Jurnal Penelitian Sains*, 22(1), 37-44.
- BADAN PUSAT STATISTIK PROVINSI JAWA TENGAH. (2020). *Perkembangan Produksi Industri Manufaktur Provinsi Jawa Tengah*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah.
- Bai, L. e. (2012). Isolation and characterization of cytotoxic, aggregative citrobacter freundii. *PLoS ONE*, (7.3). doi:10.1371/journal.pone.0033054.
- Banas, E. R.-z. (2013). Ventricular Tachycardia Storm Due To Loperamide Abuse. *Critical Care Medicine*, 41, A300.
- Bauer. (1966). Antibiotic Susceptibility Testing by a Comparative Tolerability Of The Newer Fluoroquinolone Antibacterials. *Drug Saf*, 21(5), 4007-421.
- Bhalodia, N. R. (2011). Antibacterial and antifungal activities from leaf extracts of *Cassia fistula* L.: An ethnomedicinal plant. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 2, 104-109.
- Biharee, A., Sharma, A., Kumar, A., & Jaitak, V. (2020). Fitoterapia Antimicrobial flavonoids as a potential substitute for overcoming antimicrobial resistance. *Fitoterapia*, 146, 104720.
- Boakye, Y. D. (2016). Anti-infective properties and time-kill kinetics of *Phyllanthus muellerianus* and its major constituent, geraniin. *Medicinal Chemistry : Current Research*, 6, 95-104.

- Botahala, L. (2021). Pembuatan Herbal Siap Saji di Masa Pandemi COVID 19. *Abdimas Unwahas*, 6(1).
- Botahala, L. S. (2020). *Deteksi Dini Metabolit Sekunder Pada Tanaman*. Solok: Mitra Cendika Media.
- Boy, H. I. (2018). Recommended Medicinal Plants as Source of Natural Product: A Review. *Digital Chinese Medicin*, 1, 131-142.
- Brooks, G. F., Butel, J. S., & Morse, S. A. (2012). *Mikrobiologi Kedokteran Jawetz, Melnick & Adelberg Ed 25*. Jakarta: EGC.
- Bustanussalam, A. D. (2015). Efektivitas Antibakteri Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* Linn) terhadap *Staphylococcus aureus*. *ATCC 25923 5(2)*, 58-64.
- Carolia, N. &. (2016). Potensi ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle* L.) sebagai alternatif terapi *Acne vulgaris*. *Jurnal Majority 5(1)*, 140-145.
- Carolina, N. &. (2016). Potensi Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.) Sebagai Alternatif Terapi *Acne Vulgaris*. *Jurnal Majority, Vol. 6 No. 1*.
- Casciaro B., M. I. (2020). Alkaloid Asal Tumbuhan yang Terjadi Secara Alami sebagai Antimikroba Potensial Melawan Infeksi Tahan Antibiotik. *Molekul*. . 25 : 3619.
- Cazes, J. (2001). *Encyclopedia of Chromatography*. New York: Marcell Dakker Inc.
- Cheenpracha, S., Jitonnom, J., Komek, M., Ritthiwigrom, T., & Laphookhieo. (2016). S. Acetylcholinesterase inhibitory activity and molecular docking study of steroidal alkaloids from *Holarrhena pubescens* barks. *Steroids*, 108, 92-98.

- Chung, K. T. (1993). Growth inhibition of selected food-borne bacteria by tannic acid, propyl gallate and related compounds. *Letters in Applied Microbiology*, *17*, 29-32.
- CORTEVA AGRISCIENCE CANADA COMPANY. (2020, 20 12). SAFETY DATA SHEET . *HALT*, págs. 1-9.
- Cosme, P., Rodríguez, A., Espino, J., & Garrido, M. (2020). Plant Phenolics: Bioavailability as a Key Determinant of Their Potential Health-Promoting Applications. *Antioxidants*, *9*, 1263.
- Darwish, R. &. (2010). A Effect of ethnomedicinal plants used in folklore medicine in Jordan as antibiotic resistant inhibitors on Escherichia coli. *BMC Complementary and Alternativ Medicine*, *10*, 9.
- Daryono, E. D. (2022). PENGGUNAAN METANOL SISA REAKSI SEBAGAI REAKTAN PADA PROSES TRANSESTERIFIKASI MINYAK KELAPA SAWIT MENJADI BIODIESEL. *Jurnal Teknologi*, *14*(2).
- Das, S. S. (2022). A comparative study of essential oil profile, antibacterial and antioxidant activities o thirty Piper betle landaraces towards selection of industrially important chemotypes. *Industrial Crops & Products*, *187*.
- Demneh, F., Moosavian, M., & Vatani, A. (2005). The Mechanism of Action of Antifoams. *Journal of Applied Sciences*, *5*. doi:10.3923/jas.2005.1122.1129.
- Deotale, S., Dutta, S., & Moses, J. (2023). Foaming and defoaming–concepts and their significance in food and allied industries: a review. *Discover Chemical Engineering*, *3*(1), 9.

- Donadio, G., Mensitieri, F., Santoro, V., Parisi, V., Bellone, M., De Tommasi, N., . . . Piaz, F. (2021). Interactions with Microbial Proteins Driving the Antibacterial Activity of Flavonoids. *Pharmaceutics*, *13*, 660.
- Dong, G. L. (2018). Antimicrobial and anti-biofilm activity of tannic acid against *Staphylococcus aureus*. *Natural Product Research*, *32*, 2225-2228.
- Dragull K., Y. W. (2003). Piperidine alkaloids from *Piper methysticum*. *Phytochemistry*, *63*, 193-198.
- Dwicahyani, T. (2018). Uji Bioaktivitas Ekstrak Teripang Keling (*Holothuria atra*) Sebagai Antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.
- Ebrahimnejad, H. B. (2014). Flavanols and proanthocyanidins. In C. Jacob, G. Kirsch, A. Slusarenko, P. Winyard, & T. Burkholz (Eds.), *Recent advances*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Ekambaram, S. P. (2016). Scope of hydrolysable tannins as possible antimicrobial agent. *Phytotherapy Research*, *30*, 1035-1045.
- Elizondo, A. M.-M. (2010). Effect of tannins on the in vitro growth of *Clostridium perfringens*. *Veterinary Microbiology*, *145*, 308-314.
- Endang, D. L. (2018). *Inovasi Antifoam Agent Dari Minyak Bintaro (Cabera Manghas L) Dengan Metode Transesterifikasi Menggunakan Modifikasi Pemanas Gelombang Mikro*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Engels, C. G. (2011). Fractionation of gallotannins from mango (*Mangifera indica* L.) kernels by high-speed counter-

current chromatography and determination of their antibacterial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 775-780.

- Ergina, S. N. (2014). Uji Kualitatif Senyawa Metabolit Sekunder pada Daun Palado (*Agave angustifolia*) yang Di ekstraksi dengan Pelarut Air dan Etanol. *J. Akad Kim*, 3(3), 165-172.
- Ermawati, F., Sari, R., Putri, N., Rohmawati, L., Kusumawati, D., Munasir, & Supardi, Z. (2021). Antimicrobial activity analysis of Piper betle Linn leaves extract from Nganjuk, Sidoarjo and Batu against *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal of Physics: Conferences Series*.
- F.K, D. (2010). *Aktivitas antibakteri ekstrak etanol buah mengkudu (Morinda citifolia L.) terhadap bakteri pembusuk daging segar*. Surakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Sebelas Maret.
- Faida, I. N. (2019). Identifikasi kandungan senyawa volatil pada kaldu daging dan tulang kasar (raw bones) dari Babi dan Kelinci menggunakan gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*.
- Farha, A., Qiong-qiong, Y., Gowoon, K., Hua-Bin, L., Fan, Z., Hong-Yan, L., . . . Harold, C. (2020). Tannins as an alternative to antibiotics. *Food Bioscience*, 38, 100751.
- Farn, R. J. (2006). *Chemistry and technology of surfactants (No. 272299)*. Blackwell Pub.

- Fatma, L. (2009). *Bahaya Kimia Sampling dan Pengukuran Kontaminan Kimia di Udara*. Jakarta: Buku Kedokteran BCG.
- Fatmawati, I. R. (2019). Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) dan Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L.) Terhadap Pertumbuhan Bakter *Escherichia coli*. *Skripsi*.
- Fauzia, O. S., & Nofa, F. F. (2017). *Pembuatan Methyl Ester Menggunakan Metode Esterifikasi dan Transesterifikasi sebagai Antifoam Agent*. Doctoral dissertation. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Febryantara, R. H. (2018). Study on palm oil-based glycerol ester as an antifoaming agent. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 209(1)*.
- Feridansyah, A., Rohmania, I., & Maulana, F. (2019). Pembuatan Antifoam Agent dari Variasi Bahan Baku Minyak Nabati Menggunakan Pemanas Microwave. *Jurnal IPTEK, 1(1)*.
- Fernandez-Canigia, L. D. (2019). Antibiotic susceptibility of *Citrobacter freundii* isolated from clinical specimens in Latin America: Report from the SENTRY Antimicrobial Surveillance Program (2013-2015). *Brazilian Journal of Microbiology, 50(3)*, 679-686.
- Fitriana, Y. A. (2019). Aktivitas Anti Bakteri Daun Sirih: Uji Ekstrak KHM (Kadar Hambat Minimum) dan KBM (Kadar Bakterisidal Minimum). *SAINTEKS, 16*, 101-108.
- Fransen, G. C. (2009). Foam Detection in Process Units. *Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference*. doi: <https://doi.org/10.2118/122236-MS>

- Funatogawa, K. H. (2004). Antibacterial activity of hydrolyzable tannins derived from medicinal plants against *Helicobacter pylori*. *Microbiology and Immunology*, 48, 251-261.
- Gabriel Juliani Lalamentik., D. .. (2017). AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK KARANG LUNAK *Klyxum* sp. YANG DIPEROLEH DARI TELUK MANADO. *Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi*, Vol. 6 No. 3 :46-53.
- Gandjar, I. G., & Rohman, A. (2009). *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gloria, R. Y., Rahma, Y., & Mia, M. S. (2021). Effectiveness of green betel leaf and lime extract against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *BIODIVERSITAS*, 22, 3452-3457.
- Gong, T., He, X., Chen, J., Tang, B., Zheng, T., Jing, M., . . . Li, Y. (2021). Transcriptional Profiling Reveals the Importance of *Rerr* in the Regulation of Multiple Sugar Transportation and Biofilm Formation in *Streptococcus mutans*. *Msystems*, 6.
- Gupta, R. K. (2023). Phytochemical and biological studies of betel leaf (*Piper betle* L.): Review on paradigm and its potential benefits in human health. *Acta Ecologica Sinica*, 43, 721-732.
- Hagel, J., & Facchini, P. (2013). Benzylisoquinoline Alkaloid Metabolism: A Century of Discovery and a Brave New World. *Plant Cell Physiol.*, 54, 647-672.
- Hakimi, N. S. (2016). *Sintesis Senyawa Imina dari Anilina dengan Variasi Jumlah Katalis Air Jeruk Nipis*. Malang: Jurusan Kimia UIN Malang.

- Halimah, N. W. (2015). Efek Antidiare Ekstrak Daun Belunts (*Pluchea indica* L.) terhadap Mencit Jantan Yang Diinduksi Bakteri *Salmonella* *Thyphimurium*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3 (3), 1083-1094.
- Handajani. N. S., P. T. (2008). Aktivitas ekstrak rimpang lengkuas (*Alpinia galanga*) terhadap pertumbuhan jamur *Aspergillus* sp. penghasil aflatoksin dan *Fusarium moniliforme*. *Biodiversitas*, 9(3): 161-4.
- Handayani, R., & Sumanti, S. (2010). *Karakteristik Fisika-Kimia Minyak Biji Bintaro (Carbera Manghas L) dan Potensinya sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel*. Universitas Padjajaran Bandung.
- Handoyo, D. L. (2020). Pengaruh Lama Waktu Maserasi (Perendaman) Terhadap Kekentalan Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle*) . *Jurnal Farmasi Tinctura*, 2(1), 34-41.
- Hang, L. T. (2023). Four new N-phenethylbenzamide derivatives from the stems of piper betle and their antimicrobial activity. *Natural Product Research*, 37(12), 1969-1977.
- Harbone, J. B. (1998). *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: Penerbit ITB.
- Harborne, J. (1987). *Metode Fitokimia : Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan, Terbitan Kedua*. Bandung: Penerbit ITB.
- Hasibuan, S. S. (2013). Karakteristik Fisikokimia dan Antibakteri Hasil Purifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L.). *Agritech*, 33(3), 311-319.
- Heinrich, M. B. (2009). *Farmakologi dan Fisioterapi*. Jakarta: EGC.

- Henis, Y. T. (1964). Effect of water extracts of carob pods, tannic acid, and their derivatives on the morphology and growth of microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, *12*, 204-209.
- Hill, C., & Eastoe, J. (2017). Foams: From nature to industry. *Advances in colloid and interface science*, *247*, 496-513.
- Ifejika, V., Joel, O., & Aimikhe, V. (2022). Formulation and evaluation of antifoams from palm kernel and coconut oils. *Biomass Conversion and Biorefinery*. doi:10.1007/s13399-022-03224-3.
- Ihuma, J. O., Koggie, A. Z., Famojuro, T. I., Ugboji, L. O., & Malgwi, T. D. (2022). Antimicrobial Activities of the Leaf Extracts of *Ficus sycomorus* Linn. on *Helicobacter pylori* and *Citrobacter freundii*. *Asian Journal of Biology*, *15*(3), 24-31.
- Ikhwan Habibi, A. A. (2018). Indonesian Journal of Chemical Science Skrining Fitokimia Ekstrak n-Heksan Korteks Batang Salam (*Syzygium polyanthum*). *J. Chem. Sci*, *7*(1).
- Illing, I. S. (2017). Uji Fitokimia Ekstrak Buah Dengan 8(1). *Dinamika*, 66-84.
- Inayatullah, S. (2012). Efek Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Skripsi*.
- Isa, I. (2015). Pemanfaatan Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Biodiesel dan Absorben Logam Berat Cu dan Pb. *Penelitian Pengembangan Keilmuan Guru Besar*, *1*(1236).

- Isnawati, A. P. (2018). Perbandingan Teknik Ekstraksi Maserasi Dengan Infusa Pada Pengujian Aktivitas Dan Hambat Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L) Terhadap *Escherichia coli*. *Jurnal Farmasi Malahayati*, 1(1), 19-24.
- Jones, G. M. (1994). Effects of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 60, 1374-1378.
- Joshua, F. (2012). Production of biodiesel (B100) from Jatropa oil using sodium hydroxide as catalyst. *Journal of Petroleum Engineering*.
- Julianti, N. W. (2014). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit RBD dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga γ Alumina ($\text{CaO/MgO/ } \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) dalam Reaktor Fluidized Bed. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2).
- Julianto, T. (2019). *Buku Ajar Fitokimia: Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining Fitokimia*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Juwita, R. S. (2009). *Pengambilan Minyak Biji Nyamplung melalui Proses Ekstraksi sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Universitas Dponegoro.
- Kabera, J. N. (2014). Plant Secondary Metabolites: Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties. *Journal Of Pharmacy and Pharmacology*, Vol 2.
- Karakashev, S. I. (2012). Foams and antifoams. *Advances in colloid and interface science*. 176, 1-17.

- Kaveti, B., Tan, L., Sarnnia, Kuan, T., & Baig, M. (2011). Antibacterial Activity Of Piper Betel Leaves. *Int. J. Pharm Teach Pract*, 2, 129-132.
- Khairnar, M. R. (2015). Comparative assessment of cranberry and chlorhexidine mouthwash on streptococcal colonization among dental students: A randomized parallel clinical trial. *Contemporary Clinical Dentistry*, 6, 35-39.
- Khanbabaee, K. &. (2001). Tannins: Classification and definition. *Natural Product Reports*, 18, 641-649.
- Kharisma dan Lisa, E. (2010). Khasiat Perasan Daun Sirih (Piper betle L) Terhadap Bakteri Aeromonas Hydrophylla yang Menyerang Ikan Lele(Clarias batrachus).
- Kirana Jati, N. T. (2019). Isolasi Identifikasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Alkaloid pada Daun Pepaya. *Jurnal MIPA*, 42(1), 1-6.
- Koensoemardiyah. (2010). *A to Z Minyak Atsiri- untuk Industri, Makanan, Kosmetik, dan Aromaterapi*. Yogyakarta, DIY Indonesia: Penerbit ANDI.
- Kougias, P. G., Boe, K., & Angelidaki, I. (2015). Solutions for foaming problems in biogas reactors using natural oils or fatty acids as defoamers. *Energy & Fuels*, 29(7), 4046-4051.
- Kowalska-Krochmal, B., & Dudek-Wicher, R. (2021). The Minimum Inhibitory Concentration of Antibiotics: Methods, Interpretation, Clinical Relevance. *Pathogens*, 10, 165.

- Krone, N. H. (2010). Gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) remains a pre-eminent discovery tool in clinical steroid investigations even in the era of fast liquid chromatography tandem mass spectrometry (LC/MS/MS). *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 121(3-5), 496-504. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2010.04.010>
- Kuljanabhadgavad, T., & Wink, M. (2009). Biological activities and chemistry of saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Phytochem. Rev*, 8, 473-490.
- Kumar, S., & Pandey, A. (2013). Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *Sci. World J.*, 162750.
- Kurang, R. Y. (2020). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etil Asetat Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L.). *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika (J-PhAM)* 3(1), 13-21.
- Kurnia, D. H. (2020). Potential Allylpyrocatechol Derivatives as Antibacterial Agent Against Oral Pathogen of *S. Sanguinis* ATCC 10,556 and as Inhibitor of MurA Enzymes: In Vitro and in Silico Study. *Drug Des*, 2977-2985.
- Kursia, S. d. (2016). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etilasetat Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.) terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Indonesian Pharm Sci Technol*, 3(2): 72-77.
- Kusdiana, D., & Saka, S. (2004).). Effects of water on biodiesel fuel production by supercritical methanol treatment. *Bioresource technology*, 91(3), 289-295.

- Kusuma, D. F. (2010). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia* Linnaeus) terhadap Bakteri Pembusuk Daging Segar. *Pusat Informasi Ilmiah*, 33.
- Leksono, B. W. (2014). *Budidaya Nyamplung (Calophyllum Inophyllum L.) untuk Bioenergi dan Prospek Pemanfaatan Lainnya*. Bogor: Penerbit IPP Press.
- Lestari, E. D., & Priyanto, E. (2018). INOVASI ANTIFOAM AGENT DARI MINYAK BINTARO (CARBERA MANGHAS L) DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN MODIFIKASI PEMANAS GELOMBANG MIKRO.
- Lestari, Y. A. (2016). Aktivitas Antibakteri Gram Positif dan Negatif Dari Ekstrak dan Fraksi Daun Nipah (*Nypa fruticans* Wurmb.) Asal Pesisir Sungai Kakap Kalimantan Barat. 5(4) 1-8.
- Leuner , H., Gerstenberg , C., Kai, L., Christopher , M., Cornelia , R., & Jens-Uwe, R. (2020). Overcoming unwanted foam in industrial processes of the chemical and food industry – an ongoing survey. *Chemical Engineering Research and Design*, Volume 163, 281-294.
- Lezoul, N. E. (2020). Extraction Processes with Several Solvents on Total Bioactive Compounds in Different Organs of Three Medicinal Plants. *Molecules*, 25, 4672.
- Lincih Cerdik Hulu, A. F. (2022). PEMANFAATAN DAUN SIRIH HIJAU (*Piper Betle* L) SEBAGAI OBAT TRADISIONAL DI KECAMATAN LAHUSA. *Jurnal Pendidikan Biologi*, Vol. 3 No. 1 . Obtenido de P-ISSN: 2715-1999 E-ISSN: 2829-0909

- Lisdiana. (2022). Efektivitas Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kersen dan Kunyit sebagai Antibakteri Propionibacterim acnes Effectiveness of Combination Ethanol Extract of Cherry Leaves and Turmeric as Antibacterial Propionibacterium acnes . 11, 586-593.
- Liu, L. e. (2018). Genetic diversity, multidrug resistance, and virulence of citrobacter freundii from diarrheal patients and healthy individuals. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, pp. 1-10. doi:10.3389/fcimb.2018.00233
- Liu, L., Song, C., Khan, A., Li, X., Yang, X., Cheng, G., . . . Luo, X. (2016). A potent antibacterial indole alkaloid from *Psychotria pilifera*. *J. Asian Nat. Prod. Res.*, 18, 798-803.
- Liu, S. X. (2005). Quality comparison of rice bran oil extracted with d-limonene and hexane. *Cereal Chemistry*, 82(2), 209-215.
- Ločárek, M., Nováková, J., Klouček, P., Hošťálková, A., Kokoška, L., Gábrlová, L., . . . Cahlíková, L. (2015). Antifungal and Antibacterial Activity of Extract and Alkaloids of Selected Amaryllidaceae Species. *Nat. Prod. Commun*, 10, 1537-1540.
- Lolongan, R. A. (2016). Uji Konsentrasi Hambat Minimum(KHM) Ekstrak Daun Pacar Air (*Impatiens balsamina* L.) terhadap Pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Vol 4.
- Luo, Y. (2011). *Natural Medicinal Chemistry*. Wuhan, China: Huazhong University of Scienc and Technology.
- Lwin, Y. K. (2019). Plant growth-promoting activity of *Citrobacter freundii* and its plant growth-promoting

gene. *World Journal o Microbiology and Biotechnology*, 35 (3), 44.

Maharani, D. S. (2015). Penentuan Metode Analisis Komposisi Asam Lemak Dan Metil Ester Pada Biodiesel Dengan GC-MS Tanpa Metilasi. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1-6.

Maharani, D. S. (2015). Penentuan Metode Analisis Komposisi Asam Lemak Dan Metil Ester Pada Biodiesel Dengan GC-MS Tanpa Metilasi. *Seminar Nasional Saind dan Teknologi* , 1-6.

Mahmudah, F. A. (2017). Uji Aktivitas Antibakteri Dari Ekstrak Etanol Temukunci (*Boesenbergia pandurata*) Terhadap Bakteri *Streptococcus mutans* (Antibacterial Activity Test Of Ethanol Extract Temu Kunci (*Boesenbergia pandurata*) Against *Streptococcus mutans* BACTERIA).

Makolit, J. W. (2017). Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia* L) terhadap Pertumbuhan *Stretococcus mutans*. Vol. 5.

Marliana, S. V. (2005). Skrining Fitokimia dan Analisis Kromatografi Lapis Tipis Komponen Kimia Buah Labu Siam (*Sechium edule* Jacq. Swartz.) dalam Ekstrak Etanol. *Biofarmasi*, 3(1) : 26-31.

Melwita, E. M. (2014). Ekstraksi Minyak Biji Kapuk dengan Metode Ekstraksi Soxhlet. *Jurna Teknik Kimia*, 20(1).

Mitra S., A. U. (2022). Anticancer applications and pharmacological properties of piperidine and piperine: A comprehensive review on molecler mechanism and therapeuticperpectives. *Front Pharmacol*, 12, 772418.

- Muderawan, I. W., & Daiwataningsih, N. K. (2016). Pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) dan analisis metil esternya dengan GC-MS. *Prosiding Seminar Nasional MIPA*.
- Mukarram, O. H. (2016). Loperamide Induced Torsades de Pointes: A Case Report and Review of the Literature. *Case Reports in Medicine*, 1-3.
- Mukhriani. (2014). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal Kesehatan*, VII(2), 361-367.
- Musta, R. H. (2017). Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dengan Metanol. *Ind J Chem Res* 4, 394-401.
- Naik, M. M. (2008). Production of biodiesel from high free fatty acid Karanja (*Pongamia pinnata*) oil. *Biomass and bioenergy*. 32(4), 354-357.
- Nanda, D. M. (2020). Karakter Spesifik Ekstrak Daun Yodium (*Jatropha Multifida* L.) Dari Tiga Lokasi Tempat Tumbuh Di Jawa Timur.
- Nantachit, K., & Roongjang, S. (2016). Anti-mycobacterium and Anti-cancer Activities of Combretin, an Isolated Steroidal Alkaloid from the Seeds of *Combretum quadrangulare* Kurz. *J. Pharm. Pharmacol*, 4, 261-267.
- Nasional, B. S. (2015). *Biodiesel*. Badan Standarisasi Nasional.
- Nayaka, N., Maria, M., Dwi, A. S., Putu, E., Ni Luh, K. A., Erna, C., & Rika, H. (2021). Piper betle (L): Recent Review of Antibacterial and Antifungal Properties, Safety Profiles, and Commercial Applications. *Molecules*, 26, 2321.

- Ngaisah, S. (2010). Identifikasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Daun Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav). *Skripsi*.
- Ningsih, K. (2020). Studi Pemanfaatan Tumbuhan Obat Berpotensi Mengobati Pada Penyakit Pada Penyakit Sistem Pencernaan Di Kelurahan Bunut Kecamatan Kapuas Kabupaten Sanggau. *Jurnal Hutan Lestari* 8(2), pp. 217-228. doi:10.26418/jhl.v8i2.39782.
- Nisyak, K. H. (2022). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol dan Minyak Atsiri Sirih Hijau Terhadap Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika*, 5.
- Nofrin, S., & Rosi, P. (2012). *Pengambilan Minyak Biji Kemiri (Aleurites moluccana, Wild) Melalui Ekstraksi Dengan Menggunakan Soxhlet*. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Nord, C., Levenfors, J., Bjerketorp, J., Sahlberg, C., Guss, B., Orberg, B., & Broberg, A. (2019). Antibacterial Isoquinoline Alkaloids from the Fungus *Penicillium Spathulatum* Em19. *Molecules*, 24, 4616.
- Nugrahani, R., Andayani, Y., & Hakim, A. (2016). Skrining Fitokimia dari Ekstrak Buah Bumcis (*Phaseolus vulgaris*) dalam Sediaan Serbuk. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 2.
- Nurhayati, s. L. (2020). Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Staarter Yogurt Dengan Metode Difusi Sumuran Dan Difusi Cakram. *Teknologi Hasil Peternakan*, 1(2), 41-46.
- Nurul Marfu'ah, S. L. (2021). Uji Potensi Antibakteri *Staphylococcus aureus* Dari Ekstrak Etanol Daun Sirih

Hijau (Piper betle L.). *Pharmaceutical Journal of Islamic Pharmacy*.

- Othman, T., Hanafiah, R., Nam, N., Mohd-Said, S., & Adnam, S. (2018). Chemical Composition In Vitro Antimicrobial Properties of Phyllanthus columnaris Stem Bark Tannins Against Oral Pathogens. *J. Int. Dent. Med. res*, 12, 848-853.
- Pangesti R. D., C. E. (2017). Perbandingan daya antibakteri ekstrak dan minyak piper betle linn terhadap bakteri Streptococcus mutans. *Indo J Chem* 6(3), 270-278.
- Pargiyanti, P. (2019). Optimasi Waktu Ekstraksi Lemak dengan Metode Soxhlet Menggunakan Perangkat Alat Mikro Soxhlet. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 29-35.
- Permata, D. A. (2014). Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Ekstrak Daun Bombay (Allium cepa L) Terhadap Pertumbuhan Staphylococcus aureus. *Pharmacon*, 5(1), 5-10.
- Phumat, P. K. (2020). Comparative Inhibitory Effects of 4-Allylpyrocatechol Isolated from Piper Betle on Streptococcus Intermedius, Streptococcus Mutans, and Candida Albicans. *Arch. Oral Biol*, 104690.
- Phumat, P., Khongkhunthian, S., Wanachantararak, P., & Okonogi, S. (2017). Potential of Piper Betle Extracts on Inhibition of Oral Pathogens. *Drug Discov.*, 11, 307-315.
- Popi Zeniusa., M. R. (2019). Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Teh Hijau Terhadap Escherichia coli Secara In Vitro. *Majority*, Vol. 6 No 2 : 136-142.
- Prabhu, K. S. (2022). Impact of Piper betle L. bioactive compounds in larvicidal activity against Culex

- quinquefasciatus. *Journal of Natural Pesticide Research*, 2.
- Prafulla, D., Veera, G., Harvind, K., Tapaswy, M., & Shuguang, D. (2012). Biodiesel production from waste cooking oil using sulfuric acid and microwave irradiation processes. *Journal of Environmental Protection*.
- Prasathkumar, M. A. (2021). Therapeutic and pharmacological efficacy of selective Indian medicinal plants- A review. *Phytomedicine Plus*, 1.
- Pratiwi. (2008). *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta: Erlangga Medial Series.
- Pratiwi, A. (2009). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kasar Daun *Acaylpha indica* Terhadap Bakteri *Salmonella choleraesinus* dan *Salmonella typhimurium*. *Skripsi*.
- Pratiwi, R. H. (2017). Mekanisme Pertahanan Bakteri Patogen Terhadap Antibiotik. *Jurnal Pro-Life*, 4(3), 418-429.
- Prayanto, D. S. (2016). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Dengan Katalis NaOH Menggunakan Gelombang Mikro (Microwave) Secara Kontinyu. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1).
- Prihatiningtyas, W. M. (2018). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kulit Batang Mangga Kweni (*Mangifera odorata* Griff) TERHADAP *Escherichia coli* ATCC 25922 DAN *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 . Vol. 8 issue 2.
- Putri, Z. F. (2010). *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Sirih Hijau Terhadap Propionobacterium acne dan Staphylococcus Aureus Multiresisten (Skripsi)*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Qin, X.-J., Sun, D.-J., Ni, W., Chen, C.-X., Hua, Y., He, L., & Liu, H.-Y. (2012). Steroidal saponins with antimicrobial activity from stems and leaves of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis*. *Steroids*, 77, 1242-1248.
- Qiu, S., Sun, H., Zhang, A., Xu, H., Yan, G., Han, Y., & Wang, X. (2014). Natural alkaloids: Basic aspects, biological roles, and future perspectives. *J. Nat. Med*, 12, 401-406.
- Rabie, A. M., Mohamed, S., Mostafa, R. A., Rania, H., Sayed, A., & Nabel, A. (2019). Diatomite Supported by CaO/MgO Nanocomposite as Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production from Waste Cooking Oil. *Journal of Molecular Liquids*, 279, 224-31. doi:<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.01.096>.
- Rahman Wahid, A. .. (2020). Skrining Fitokimia Senyawa Metabolit Sekunder Terhadap Ekstrak Tanaman Ranting Patah Tulang(*Euphorbia tirucalli* L.). *Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 1(1).
- RI, D. (1980). *Materia Medika Indonesia Jilid IV* . Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- RI, D. (2000). *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat, Cetakan Pertama*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan.
- Ridho, E. (2013). *Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Buah Lakum (Cayratia trifolia) Dengan Metode DPPH (2,2-DIFENIL-1-PIKRILHIDRAZIL)*. . Pontianak: Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura.
- Riyanto, S. (2005.). *Spectroscopy 1st Edition*. . Yogyakarta: UGM Press.

- Rizka, F., Fujita , H., & Hambali, E. (2020). Synthesis of potassium methyl ester as foaming agent. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 460(1).
- Routledge, S. J. (2012). Beyond de-foaming: the effects of antifoams on bioprocess productivity. 3(4). doi: <http://dx.doi.org/10.5936/csbj.201210014>
- S., S. E. (2014). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Gatal (*Laportea decumana* (Roxb.) Wedd). *PHARMACY : Jurnal Farmasi Indonesia(Pharmaceutical Journal of Indonesia)*, 11(1).
- Saifudin, A. (2011). *Standarisasi Bahan Obat Alam (Edisi Pertama)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sandeep, & Ghosh, S. (2020). 12—Triterpenoids: Structural diversity, biosynthetic pathway, and bioactivity. In *Studies in Natural Products Chemistry*. (R. E. Atta ur, & T. N. Elsevier: Amsterdam, Edits.) 67, 411-461.
- Sangi, M. M. (2008). Analisis Fitokimia Tumbuhan Obat di kabupaten Minahasa Utara. *Chem Prog*, 1(1): 47-53.
- Saraswati, D. (2011). Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Daun Sirih Terhadap Daya Hambat Bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Health And Sport*, 3(3), 331-338.
- Sari I. P., A. D. (2014). Hubungan antara pengetahuan tentang infeksi silang dengan pentalaksanaan pencegahan infeksi. *Jurnal B-Dent* 1(1), 30-37.
- Sarwono, E. E. (2018). Pengolahan Biodiesel dari Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L) Menggunakan Katalis KOH. In *Prosiding Seminar*

Nasional Teknologi Inovasi Dan Aplikasi Di Lingkungan Tropis, 1(1), 34-40.

- Satriana, A. Q. (2023). Study of Solid-Liquid Extraction Kinetics of Oil from Dried Avocado (*Persea Americana*) Flesh Using Hexane as A Solvent. *International Journal of Technology (IJTech)*, 14(No 5).
- Savitri, E. (2008). Rahasia Tumbuhan Berkasiat Obat Perspektif Islam. *Uin Malang Perss*.
- Scalbert, A. (1991). Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*. *Phytochemistry*, 30, 3875-3883.
- Selatan, D. K. (2015). *Profil Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan*. Jakarta: Dinas Kesehatan.
- Selatan, D. P. (2015). Profil Kesehatan Prov. Sulsel Tahun 2015. 28-29.
- Serrano, J. P.-P.-C. (2009). Tannins: Current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53, S310-S329.
- Shamsudin, N., Ahmed, Q., Mahmood, S., Ali Shah, S., Khatib, A., Mukhtar, S., . . . Zakaria, Z. (2022). Antibacterial Effects of Flavonoids and Their Structure-Activity Relationship Study: A Comparative Interpretation. *Molecules*, 27, 1149.
- Sharifah, F. S. (206). Identification of phenolic compounds and evaluation of antibacterial properties of *Piper sarmentosum* Roxb. against rice pathogenic bacteria. *Malaysian Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 12, 475-484.
- Shin, J. K. (2020). Epidemiology and microbiology of bloodstream infections in patients with hematological

- malignancies. *Multicenter study in Korea Infection and Chemotherapy*, 52(3), 435-443.
- Silalahi, R. L. (2017). Pengujian free fatty acid (ffa) dan colour untuk mengendalikan mutu minyak goreng produksi pt. xyz. *Industria. Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 6(1), 41-50.
- Sineke. (2016). Penentuan Kandungan Fenolik Dan Sun Protection Factor(Spf) Dari Ekstrak Etanol Dari Beberapa Tongkol Jagung (*Zea Mays L.*). *PHARMACONJurnal Ilmiah Farmasi Vol. 5*, 275-283.
- Siriyong, T., Voravuthikunchai, S., & Coote, P. (2018). Steroidal alkaloids and conessine from the medicinal plant *Holarrhena antidysenterica* restore antibiotic efficacy in a *Galleria mellonella* model of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* infection. *BMC Complement. Altern. Med*, 18, 285.
- Skoog, D. A. (1994). *Analytical Chemistry an Introduction. Sixth Edition*. USA: Saunders College Publishing.
- Šmejkal, K., Chudík, S., Klouček, P., Marek, R., Cvačka, J., Urbanová, M., . . . al., e. (2008). Antibacterial C-Geranylflavonoids from *Paulownia tomentosa* Fruits. *J. Nat. Prod*, 71, 706-709.
- Solikhah, M. D. (2015). Penentuan Metode Analisis Komposisi Asam Lemak dan Metil Ester pada Biodiesel dengan Gc-ms tanpa Metilasi. *Prosiding Semnastek*.
- Song, Y., Yang, J., Yu, J., Li, J., Yuan, J., Wong, N.-K., & Ju, J. (2020). Chlorinated bis-indole alkaloids from deep-sea derived *Streptomyces* sp.SCSIO 11791 with antibacterial and cytotoxic activities. *J. Antibiot.*, 73, 542-547.

- Sripradha, S. (2014). Betel Leaf- the green gold. *J. Pharm Sci & res*, 6(1).
- St. Ratnah, A. M. (2022). Potensi Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Pegagan (*Centella asiatica* L) Urban Terhadap Pertumbuhan *Enterococcus faecalis* dan *Citrobacter freundii*. *Media Farmasi*, Vol. 18 No 1.
- Stahl, L. f., & F. (2016). Ceating a micrososome to examine salinity tolerance of *Escherichia coli* in beach sand. *In The Winthrop McNair Research Bulletin*, Vol. 2.
- Suhartati, T. (2017). *Dasar-Dasar Spektrofotometer Uv-Vis Dan Spektrometri Masa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Bojonegoro: CV. Anugrah Utama Raharja.
- Sujono H, R. S. (2019). Uji Aktivitas Minyak Atsiri Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L) terhadap Bakteri *Streptococcus pyogenes* dan *Staphylococcus aureus*. *J. Kartika Kimia*, 2(1): 30-3.
- Suleman, N., Abas, & Papatungan, m. (2019). Esterifikasi Dan Transesterifikasi Stearin Sawit Untuk Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Teknik*, 17(1), 66-77. doi:<https://doi.org/10.37031/jt.v17i1.54>.
- Sumarno. (2000). *Teknik Dasar Pemeliharaan Mikroba*. Jakarta: Intan Prawira.
- Sun, R., Dama, J., Tan, J., Rose, J., & Voth, G. (2016). Transition-Tempered Metadynamics Is a Promising Tool for Studying the Permeation of Drug-like Molecules through Membranes. *J. Chem. Theory Comput*, 12, 5157-5169.

- Suroso, A. S. (2004). Kualitas minyak goreng habis pakai ditinjau dari bilangan peroksida, bilangan asam dan kadar air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 77-88.
- Susanti, A. D., Ardiana, D., & Gumelar, P. G. (2012). Polaritas pelarut sebagai pertimbangan dalam pemilihan pelarut untuk ekstraksi minyak bekatul dari bekatul varietas ketan (*Oriza sativa glatinosa*). *SIMPOSIUM NASIONAL*.
- Susila, I. W. (2018). *Nyamplung: tanaman multifungsi: potensi sebaran dan manfaatnya di Nusa Tenggara Barat dan Bali*. Kerjasama PT. Kanisius dan Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan Bukan Kayu.
- Susilo, B., Damayanti, R., & Izza, N. (2017). *Teknik Bioenergi*. Malang: UB Press.
- Sylvya, L. (2010). Hubungan Antara Mikroorganismen yang Ditemukan Pada Akne Lesi dengan Bentuk Lesi Akne. *Tesis*.
- Synder, O. (1997). *Antimicrobial Effects of Spices and Herbs*. Minnesota: Hospitaly Institute of Technology and Mangement .
- Taiz, L. a. (2002). *Plant Physiology*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publisher.
- Teanpaisan, R., Kawsud, P., Pahumunto, N., & Puripattanavong, J. (2017). Screening for Antibacterial and Antibiofilm Activity in Thai Medicinal Plant Extracts against Oral Microorganisms. *J. J. Tradit. Complementary Med*, 7, 172-177.
- Tenda, P. E., Lenggu, M. Y., Ngale, M. S., farmasi, J., & Kupang, P. (2017). Activity, A. Antibacterial Activity Test of

- Ethanol Extract of Faloak Tree Skin (*Sterculia* sp.) on *Staphylococcus aureus* Bacteria. *J. Info Kesehatan*, 15, 227-239.
- Teoh, E. S. (2015). Secondary Metabolites of Plants. *Med. Orchid Asia*, 5, 59-73.
- Tetti, M. (2014). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal Kesehatan*, 7(2).
- Thirumurugan, D., Cholarajan, A., Suresh, R. S., & Vijayakumar, R. (2018). An introductory chapter: Secondary metabolites. In: Vijayakumar R, Raja SSS, editors. *Secondary Metabolites: Sources and Applications*. . *Crotia: In Tech-Open Science*, 138.
- Tian, F. L. (2009). Identification and structure-activity relationship of gallotannins separated from *Galla chinensis*. *LWT - Food Science and Technology*, 42, 1289-1295.
- Ticona, J. C.-A. (2022). Flavonoids from Piepr Species as Promising Antiprotozoal Agents against *Giardia intestinalis*: Structure Activity Relationship and Drug-Likeness Studies. *pharmaceuticals*, 15, 1386.
- Tin, A. S. (2011). CHARACTERISTIC OF BIODISESEL AND BIODIESEL BLENDING OF OIL LOSSES FROM LIQUID WASTE OF OIL PALM FACTORY. *Jurnal Teknologi Pangan*, 21(4).
- Tiwari, P. K. (2011). Phytochemical Screening And Extraction . *International Pharmaceutica Scientia*, 1(1).
- Tkachenko, H., Buyun, L., Terech-Majewska, E., & Osadowski, Z. (2016). ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF ETHANOLIC LEAF EXTRACTS OBTAINED FROM VARIOUS FICUS

SPECIES (MORACEAE) AGAINST THE FISH PATHOGEN, CITROBACTER FREUNDII. *Journal of Ecology and Protection of the Coastline*, 20, 117-136.

Tran, V. T. (2023). Recent applications of natural bioactive compounds from Piper betle (L.). *Food Control*, 154.

Trentin, D. S. (2013). Tannins possessing bacteriostatic effect impair Pseudomonas aeruginosa adhesion and biofilm formation. *PLoS One*, 8, e66257.

Trisnawati, S., & Siswani, E. D. (2018). PEMANFAATAN BIJI NYAMPLUNG (CALOPHYLLUM INOPHYLLUM L) SEBAGAI BAHAN BAKU BIODIESEL DENGAN VARIASI SUHU DAN WAHTU PADA PROSES TRANSESTERIFIKASI. *Jurnal Elemen Kimia*, 7(2), 80-87.

Tshizanga, N. (2015). A STUDY OF BIODIESEL PRODUCTION FROM WASTE VEGETABLE OIL USING EGGSHELL ASH AS A HETEROGENEOUS CATALYST by NGOYA TSHIZANGA.

Umami, V. A. (2015). Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Gelombang Mikro. *Tugas Akhir*.

Untari, B., & Ainna, A. (2020). Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas dan Kandungan Jenis Asam Lemak dalam Minyak yang Dipanaskan dengan Metode Titrasi Asam Basa dan Kromatografi Gas. *Jurnal Ilmiah Bakti Farmasi*, 5(1), 1-10.

Valle, D., Cabrera, E., Puzon, J., & Rivera, W. (2011). Antimicrobial Activities of Methanol, Ethanol and Supercritical CO₂ Extracts of Philippine Piper Betle L. on Clinical Isolates of Gram Positive and Gram Negative

- Bacteria with Transferable Multiple Drug Resistance. *PLOs ONE*, 11, 0146349.
- Vasileiou, I. K. (2013). Current clinical status on the preventive effects of cranberry consumption against urinary tract infections. *Nutrition Research*, 33, 595-607.
- Wibowo, A. D. (2013). *STUDI PROSES PRODUKSI BIODIESEL DARI BIJI KARET (HEVEA BRASILIENSIS) DENGAN METODE (TRANS) ESTERIFIKASI IN SITU*. . Semarang: Universitas Diponegoro.
- Widyaningtyas, N. Y. (2014). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Terpurifikasi Daun sirih hijau (*Piper betle* L.) Terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes*. *Jurnal Farmasi Udayana*, Vol. 3 No.1 : 50-53.
- Wojciechowski, K., Orczyk, M., Gutberlet, T., Trapp, M., Marcinkowski, K., Kobiela, T., & Geue, T. (2014). Unusual penetration of phospholipid mono- and bilayers by Quillaja bark saponin biosurfactant. *Biochim. Biophys. Acta (BBA)-Biomembr*, 1838, 1931-1940.
- Wu, P. E. (2017). Clinical Review: Loperamide Toxicity. *Annals of Emergency Medicine*, 70(2), 245-252.
- Wuon, K. D. (2018). Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Getah Kulit Buah Pisang Gorocho (*Musa acuminata* L.) terhadap Pertumbuhan. *Jurnal e-GiGi(eG)*, 6, 2.
- Yan, Y., Xing, L., Chunhong, Z., Lijuan, L., Bing, G., & Minhui, L. (2021). Research Progress on Antibacterial Activities and Mechanisms of Natural Alkaloids: A Review. *Antibiotics*, 10, 318.

- Yang, C.-R., Zhang, Y., Jacob, M., Khan, S., Zhang, Y.-J., & Li, X.-C. (2006). Antifungal Activity of C-27 Steroidal Saponins. *Antimicrob. Agents Chemother.*, *50*, 1710-1714.
- Yanti, Y. N. (2017). Uji EFEKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL DAUN SAMBILOTO (*Andrographis paniculata* Nees) TERHADAP BAKTERI *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina: Ilmu Farmasi dan Kesehatan*, *2*.
- Yolla Arinda Nur Fitriana, V. A. (2019). Aktivitas Anti Bakteri Daun Sirih: Uji Ekstrak KHM (Kadar Hambat Minimum) dan KBM (Kadar Bakterisidal Minimum). *SAINTEKS*, 101-108.
- Yoshida, T. H. (2005). High molecular weight plant polyphenols (tannins): Prospective functions. *Recent Advances in Phytochemistry*, *39*, 163-190.
- Zamakshshari, N. A. (2021). Effect of extraction procedure on the yield and biological activities of hydroxychavicol from Piper betle L. leaves. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 1-10.
- Zhang, Y., Hu, W., Chen, X., Peng, Y., Song, L., & Shi, Y. (2016). Bioactive quinolizidine alkaloids from the root of *Sophora tonkinensis*. *J. Tradit. Chin. Med.*, *41*, 2261-2266.
- Zhou, L., Ge, X., Dong, T., Gao, H., & Sun, B. (2017). Antibacterial steroidal alkaloids from *Holarrhena antidysenterica*. *Chin. J. Nat. Med.*, *23*, 735-752.

LAMPIRAN**Lampiran 1 Preparasi Sampel**

Gambar	Keterangan
	Biji nyamplung di keringkan di dalam oven
	Proses penghalusan biji nyamplung

Lampiran 2 Ekstraksi

Gambar	Keterangan
	Proses ekstraksi soxhlet

	Hasil ekstraksi soxhlet
	Proses destilasi
	Hasil destilasi

Lampiran 3 Transesterifikasi

Gambar	Keterangan
	Proses transesterifikasi
	Pemisahan hasil transesterifikasi
	Pencucian metil ester

	<p>Filtrasi dengan kertas saring</p>
	<p>Metil ester minyak nyamplung varias 1;1</p>
	<p>Metil ester minyak nyamplung variasi 1:6</p>

	Metil ester minyak nyamplung variasi 1:12
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

Lampiran 4 Pengujian Antifoam

Gambar	Keterangan
	Pembentukan busa
	Hasil penurunan busa Oleh metil ester

Lampiran 5 Perhitungan

1. Rendemen minyak

$$\begin{aligned} \text{rendemen} &= \frac{\text{berat hasil}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{33}{200} \times 100\% \\ &= 16,5\% \end{aligned}$$

2. Rendemen metil ester

a. Metil ester 1:1

$$\begin{aligned} &= \frac{252,39}{400} \times 100\% \\ &= 63,0975\% \end{aligned}$$

b. Metil ester 1:6

$$\begin{aligned} &= \frac{267,4}{400} \times 100\% \\ &= 66,85\% \end{aligned}$$

c. Metil ester 1:12

$$\begin{aligned} &= \frac{286,8}{400} \times 100\% \\ &= 71,7\% \end{aligned}$$

3. Uji FFA (*free fatty acid*)

$$\%FFA = \frac{BM \text{ NaOH} \times n \text{ NaOH} \times v \text{ NaOH}}{\text{Berat Minyak}} \times 100\%$$

$$= \frac{40 \times 0,5 \times 0,7}{5,2} \times 100\%$$

$$= 2,692\%$$

4. Yield metil ester

$$Yield(\%) = \frac{\text{Massa hasil reaksi}}{\text{Massa minyak awal}} \times \sum \text{konsentrasi FAME}$$

a. Metil ester 1:1

$$= \frac{252,39}{200} \times 2,86\%$$

$$= 3,609\%$$

b. Metil ester 1:6

$$= \frac{267,4}{57,14} \times 7,53\%$$

$$= 35,23\%$$

c. Metil ester 1:12

$$= \frac{286,8}{30,7} \times 10,27\%$$

$$= 95,94\%$$

5. Persen Penurunan

No	Variabel konsentrasi antifoam	pengulangan	Penambahan antifoam minyak biji nyamplung (tetes)					
			5	10	15	20	25	
1	1:1	1	H awal (cm)	4	3.8	3.2	3.7	3.6
			Delta H (cm)	3.7	3.6	3.2	3.7	3.6
			%H	92.5	94.7	100	100	100
		2	H awal (cm)	3.9	3.7	3.4	3.3	3.5
			Delta H (cm)	3.5	3.5	3.4	3.3	3.5
			%H	89.7	94.5	100	100	100
		3	H awal (cm)	3.6	3.5	3.5	3.4	3.5
			Delta H (cm)	3.1	3.3	3.5	3.4	3.5
			%H	86.1	94.2	100	100	100
2	1:6	1	H awal (cm)	3.7	3.8	3.3	3.4	3.5
			Delta H (cm)	3.5	3.7	3.3	3.4	3.5
			%H	94.5	97.3	100	100	100
		2	H awal (cm)	3.5	3.5	3.4	3.5	3.7

3	1:12	3	Delta H (cm)	3.3	3.4	3.4	3.5	3.7
			%H	94.2	97.1	100	100	100
			H awal (cm)	3.4	3.4	3.2	3.5	3.2
		Delta H (cm)	3.2	3.3	3.2	3.5	3.2	
		%H	94.1	97.05	100	100	100	
		1	2	H awal (cm)	3.5	3.4	3.3	3.6
	Delta H (cm)			3.4	3.2	3.3	3.6	3.2
	%H			97.1	94.1	100	100	100
	3		H awal (cm)	3.7	3.6	3.5	3.2	3.6
			Delta H (cm)	3.5	3.5	3.5	3.2	3.6
			%H	94.6	97.2	100	100	100
	3		H awal (cm)	3.6	3.5	3.4	3.5	3.4
Delta H (cm)			3.5	3.4	3.4	3.5	3.4	
%H			97.2	97.05	100	100	100	
4	foammaster	1	H awal (cm)	3.6	3.5	3.4	3.5	3.4
			Delta H (cm)	3.5	3.4	3.4	3.5	3.4
			%H	97.2	97.2	100	100	100
		2	H awal (cm)	3.3	3.4	3.2	3.5	3.2
			Delta H (cm)	3.3	3.4	3.2	3.5	3.2

			Delta H (cm)	3.2	3.3	3.2	3.5	3.2
			%H	96.9	97.05	100	100	100
		3	H awal (cm)	3.6	3.5	3.5	3.6	3.5
			Delta H (cm)	3.5	3.45	3.5	3.6	3.5
			%H	97.2	98.5	100	100	100

deviasi					
	5	10	15	20	25
1;1	3.208322511	0.251661148	0	0	0
1;6	0.2081666	0.132287566	0	0	0
1;12	1.473091986	1.7480942	0	0	0
foamaster	0.173205081	0.797391581	0	0	0

$$\% \text{Penurunan Busa} = \frac{\Delta h}{h_{\text{awal}}} \times 100\%$$

- Metil ester 1:1

a. 5 tetes

$$= \frac{3,1}{3,6} \times 100\%$$

$$= 86,11\%$$

b. 10 tetes

$$= \frac{3,3}{3,5} \times 100\%$$

$$= 94,28\%$$

c. 15 tetes

$$= \frac{3,5}{3,5} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

d. 20 tetes

$$= \frac{3,4}{3,4} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

e. 25 tetes

$$= \frac{3,5}{3,5} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

- Metil ester 1:6

a. 5 tetes

$$= \frac{3,2}{3,4} \times 100\%$$

$$= 94,117\%$$

b. 10 tetes

$$= \frac{3,3}{3,4} \times 100\%$$

$$= 97,05\%$$

c. 15 tetes

$$= \frac{3,2}{3,2} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

d. 20 tetes

$$= \frac{3,5}{3,5} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

e. 25 tetes

$$= \frac{3,2}{3,2} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

- Metil ester 1:12

a. 5 tetes

$$= \frac{3,5}{3,6} \times 100\%$$

$$= 97,2\%$$

b. 10 tetes

$$= \frac{3,4}{3,5} \times 100\%$$

$$= 97,14\%$$

c. 15 tetes

$$= \frac{3,4}{3,4} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

d. 20 tetes

$$= \frac{3,5}{3,5} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

e. 25 tetes

$$= \frac{3,4}{3,4} \times 100\%$$

$$=100\%$$

- Foammaster

a. 5 tetes

$$=\frac{3,5}{3,6} \times 100\%$$

$$=97,2\%$$

b. 10 tetes

$$=\frac{3,45}{3,5} \times 100\%$$

$$=98,5\%$$

c. 15 tetes

$$=\frac{3,5}{3,5} \times 100\%$$

$$=100\%$$

d. 20 tetes

$$=\frac{3,6}{3,6} \times 100\%$$

$$=100\%$$

e. 25 tetes

$$=\frac{3,5}{3,5} \times 100\%$$

$$=100\%$$

6. Kecepatan Penurunan Busa

No.	Variabel konsentrasi antifoam	pengulangan	Penambahan antifoam minyak biji nyamplung (tetes)				
			5	10	15	20	25

1	1:1	1	Delta H (cm)	3.7	3.6	3.2	3.7	3.6
			t (s)	300	298	232	297	297
			v (cm/s)	0.012333333	0.012080537	0.013793103	0.012457912	0.01212122
		2	Delta H (cm)	3.5	3.5	3.4	3.3	3.5
			t (s)	290	291	250	201	120
			v (cm/s)	0.012068966	0.012027491	0.01300136	0.016417917	0.029166667
		3	Delta H (cm)	3.1	3.3	3.5	3.4	3.5
			t (s)	291	213	142	135	101
			v (cm/s)	0.010652921	0.015492958	0.024647887	0.025185185	0.034653465
2	1:6	1	Delta H (cm)	3.5	3.7	3.3	3.4	3.5
			t (s)	270	150	122	80	70
			v (cm/s)	0.012962963	0.024666667	0.027049185	0.042185	0.0505
		2	Delta H (cm)	3.3	3.4	3.4	3.5	3.7
			t (s)	265	132	130	82	80

			v (cm/s)	0.012 45283	0.025 75757 6	0.026 15384 6	0.042 68292 7	0.046 17241 25	
			3	Delta H (cm)	3.2	3.3	3.2	3.5	3.2
				t (s)	265	130	105	78	58
				v (cm/s)	0.012 07547 2	0.025 38461 5	0.030 47619	0.044 87179 5	0.055 17241 4
3	1:12	1	Delta H (cm)	3.4	3.2	3.3	3.6	3.2	
			t (s)	238	120	82	65	45	
			v (cm/s)	0.014 28571 4	0.026 66666 7	0.040 24390 2	0.055 38461 5	0.071 11111 1	
		2	Delta H (cm)	3.5	3.5	3.5	3.2	3.6	
			t (s)	240	180	100	57	50	
			v (cm/s)	0.014 58333 3	0.019 44444 4	0.035	0.056 14035 1	0.072	
		3	Delta H (cm)	3.5	3.4	3.4	3.5	3.4	
			t (s)	240	121	86	62	50	
			v (cm/s)	0.014 58333 3	0.028 09917 4	0.039 53488 4	0.056 45161 3	0.068	

4	foammaster	1	Delta H (cm)	3.5	3.4	3.4	3.5	3.4
			t (s)	119	52	37	26	19
			v (cm/s)	0.029411765	0.065384615	0.091891892	0.134615385	0.178947368
		2	Delta H (cm)	3.2	3.3	3.2	3.5	3.2
			t (s)	111	50	30	23	15
			v (cm/s)	0.028828829	0.066066067	0.106666667	0.152173913	0.213333333
		3	Delta H (cm)	3.5	3.45	3.5	3.5	3.5
			t (s)	120	61	42	33	26
			v (cm/s)	0.029166667	0.056557377	0.083333333	0.106060606	0.134615385

deviasi					
	5	10	15	20	25
1;1	0.000903591	0.001985652	0.006323494	0.006513194	0.011749858
1;6	0.000445398	0.000554472	0.002281399	0.001319723	0.004480064
1;12	0.00017183	0.00463891	0.002845066	0.000548711	0.002100363
foamaster	0.000292695	0.005283023	0.011803865	0.023274143	0.039463559

$$V \text{ Penurunan Busa} = \frac{\Delta h}{\text{Waktu Penurunan}} \times 100\%.$$

- Metil ester 1:1

a. 5 tetes

$$= \frac{3,1}{291}$$

$$= 0,010653$$

b. 10 tetes

$$= \frac{3,2}{213}$$

$$= 0,0154$$

c. 15 tetes

$$= \frac{3,5}{142}$$

$$= 0,025185$$

d. 20 tetes

$$= \frac{3,4}{135}$$

$$= 0,025185$$

e. 25 tetes

$$= \frac{3,5}{101}$$

$$= 0,034653$$

- Metil ester 1:6

a. 5 tetes

$$= \frac{3,2}{265}$$

$$= 0,012075$$

b. 10 tetes

$$= \frac{3,3}{130}$$

$$= 0,025385$$

c. 15 tetes

$$= \frac{3,2}{105}$$

$$= 0,030476$$

d. 20 tetes

$$= \frac{3,5}{78}$$

$$= 0,044872$$

e. 25 tetes

$$= \frac{3,2}{58}$$

$$= 0,055172$$

- Metil ester 1:12

a. 5 tetes

$$= \frac{3,5}{240}$$

$$= 0,014583$$

b. 10 tetes

$$= \frac{3,4}{121}$$

$$= 0,028099$$

c. 15 tetes

$$= \frac{3,4}{86}$$

$$= 0,039535$$

d. 20 tetes

$$= \frac{3,5}{62}$$

$$= 0,056452$$

e. 25 tetes

$$= \frac{3,4}{50}$$

$$= 0,068$$

- Foammaster

a. 5 tetes

$$= \frac{3,5}{120}$$

$$= 0,029167$$

b. 10 tetes

$$= \frac{3,45}{61}$$

$$= 0,056557$$

c. 15 tetes

$$= \frac{3,5}{42}$$

$$= 0,083333$$

d. 20 tetes

$$= \frac{3,5}{33}$$

$$= 0,106061$$

e. 25 tetes

$$= \frac{3,5}{26}$$

$$= 0,134615$$

Lampiran 6 Daftar Riwayat Hidup

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama : Zulfikar Saifullah Al Athari
TTL : Salatiga, 22 Oktober 2001
Alamat Rumah : Perumahan Megawon Indah Jalan
Kapas IV no 23, Kec. Jati, Kab. Kudus.
Nomor HP : 081770573345
E-mail : zulfikarsaifullah2@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

Pendidikan Formal:

1. TK Al-Azhar SALATIGA
2. SD IT AL ISLAM KUDUS
3. SMP IT AL ISLAM KUDUS
4. MAN 2 KUDUS

Semarang, 14 Desember 2023

Zulfikar Saifullah Al Athari